

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

BARBARA MAICHAK DE CARVALHO

**MUDANÇA ONTOGENÉTICA NO USO DE HABITAT E CRESCIMENTO DE
ATHERINELLA BRASILIENSIS (ATHERINOPSIDAE) E *ANCHOA TRICOLOR*
(ENGRAULIDAE) EM UM ESTUARIO SUBTROPICAL**

PONTAL DO PARANÁ

2014

BARBARA MAICHAK DE CARVALHO

**MUDANÇA ONTOGENÉTICA NO USO DE HABITAT E CRESCIMENTO DE
ATHERINELLA BRASILIENSIS (ATHERINOPSIDAE) E *ANCHOA TRICOLOR*
(EUGRALIDAE) EM UM ESTUARIO SUBTROPICAL**

Dissertação apresentada ao curso de Pós-Graduação em Sistemas Costeiros e Oceânicos, Centro de Estudos do Mar, Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Henry Louis Spach

Co-orientador: Prof. Dr. Nelson Ferreira Fontoura.

PONTAL DO PARANÁ

2014

Dedico a todos membros da minha família.

Agradeço ...

Inicialmente a Coordenação de Aperfeiçoamento do Nível Superior (CAPES) e ao Programa de Pós –Graduação de Sistemas Costeiro e Oceânicos (PGSISCO - UFPR) pela bolsa concedida a mim.

A todos os funcionários do Centro de Estudos do Mar (CEM) por todas as vezes que me auxiliaram na elaboração e execução deste projeto em especial a Jully sempre solicita, ao Centro de Microscopia Eletrônica da UFPR pelas micrografia e ao Laboratório de Foraminíferos e Micropaleontologia Ambiental (CEM-UFPR) pelo empréstimo do microscópio estereoscópio com a câmara fotográfica Olympus DP71 acoplada utilizada neste trabalho.

A CAPES pela aprovação do projeto 043/13 do programa CAFB - BR o qual financiou a bolsa sanduíche possibilitando a minha estada na Universidade de Buenos Aires, na Argentina. Agradeço imensamente aos professores Henry Louis Spach, Alejandra Vanina Volpedo, André Martins Vaz dos Santos integrantes do projeto 043/13 por terem acreditado nesse sonho junto comigo.

Ao Henry que me deu a oportunidade de trabalhar com as “pedrinhas”. Agradeço a orientação, confiança, liberdade a mim dada e também as divertidas conversas. Agradeço profundamente ao Prof. Dr. Nelson Ferreira Fontoura pela orientação, paciência e aos ensinamentos dedicados a mim durante a elaboração desse trabalho.

A doutoranda Ana Carolina dos Passos (UFES) e ao oceanógrafo Felipe Veneziani Abbatepaulo por terem cedido os indivíduos da *Anchoa tricolor* e as mensurações da *Atherinella brasiliensis* possibilitando a execução deste projeto.

Aos professores André e Alejandra por terem confiado em mim, por terem aberto as portas dos seus laboratórios a uma desconhecida. Aos professores do CEM que de alguma forma influenciaram para que eu chegasse até aqui. Em especial a Profa. Sibelle Trevisan Disaró por ter me apoiado no momento em que tudo parecia perdido.

Agradeço acima tudo aos meus pais Rogério e Solangela que me ensinaram a persistir e por entenderem que nem sempre é fácil se dividir entre o Mar e a Terra. Amo muito vocês. E aos meus irmãos Rodrigo e Rafaela que sempre me incentivaram e por terem me dado meus sobrinhos Lucas e Pedro.

Ao meu marido, companheiro e amigo... Daniel. Pelos longos anos de relacionamento, por nem sempre concordar comigo, pela paciência, por me apoiar nos

momentos que não consigo ver a luz no final do túnel e por entender que às vezes eu precisava estar ausente para realizar este projeto.

Um dia alguém me disse que amigos são a família que nos permitem escolher. Então agradeço também pelos bons momentos e pelo apoio nos momentos nem tão bons aos membros da minha família pontalense: Lu, Brunão, Elise, e Jeny. Em especial ao Bot e ao Vitão pelo companheirismo e amizade nesses anos. E aos membros desta família que estão distantes porém jamais esquecidos: Marco, Raissa, Bia, Fabian, Marcelo e Miolo.

Por fim ao **MAR** que sempre está Naquela curva me incentivando a seguir em frente....

OBRIGADA !!!

Dê a quem você ama: asas para voar, raízes para voltar e ...

Motivos para ficar.

Dalai Lama

RESUMO

Diversos estudos descreveram a abundância das espécies *Ancho tricolor* e *Atherinella brasiliensis* no litoral paranaense. O objetivo dessa dissertação é descrever o crescimento relativo das duas espécies, o uso dos habitats de *Atherinella brasiliensis* e a ontogenia da morfologia do otólito sagitta de *Anchoa tricolor* no Complexo Estuarino de Paranaguá (CEP). Os exemplares foram capturados em 17 pontos amostrais na região intertidal do CEP no eixo norte-sul entre agosto de 2010 e julho de 2011 realizando um arrasto com rede tipo picaré. As amplitudes do comprimento total das espécies capturadas foram 15 e 142 mm e 22 e 85 mm para *A. brasiliensis* e *A. tricolor* respectivamente. A descrição da relação peso/comprimento de ambas espécies resultou em crescimento alométrico positiva sendo as equações $W = 0,006 \cdot Ct^{3,064}$ para a *A. brasiliensis* e $W = 0,00000142 \cdot Ct^{3,34}$ de *A. tricolor*. Para ambas espécies ajustou-se a curva de crescimento de von Bertalanffy sendo comprimento assintótico (L_{∞}) em 17,5 cm, com coeficiente de crescimento (k) de 0,89 e longevidade (A_{95}) de 3,33 anos para a *A. brasiliensis* e para a *A. tricolor* comprimento assintótico (L_{∞}) de 110 mm com um coeficiente de crescimento (k) estimado em 1,65 e longevidade (A_{95}) de 1,8 anos. A distribuição temporal das espécies demonstra que estas utilizam as áreas rasas do CEP de forma distinta, entretanto ambas espécies tiveram seu recrutamento durante os meses mais quentes do ano. *A. brasiliensis* esteve presente nesse sistema em todas as fases do seu desenvolvimento ontogenético diferentemente de *A. tricolor* que utilizou esse ambiente para o recrutamento porém um número reduzido de adultos foi capturado. Devido a maior captura da *A. brasiliensis* relacionou-se a idade desta com os parâmetros ambientais (clorofila, salinidade, pH e temperatura). As classes etárias de *A. brasiliensis* demonstraram uma distribuição espaço-temporal dentro do ambiente estudado, tendo predominantemente a ocorrência de exemplares com idade entre <1 e 3 meses associado ao setor 2 e o período chuvoso de amostragem, diferindo do padrão encontrado para espécimes com idade acima de 7 meses que estiveram em toda a área amostral com maior abundância nas estações início e final da seca. As variáveis ambientais que mais influenciaram na distribuição das classes etárias foram a temperatura e a salinidade. As análises do otólito sagitta da *A. tricolor* demonstraram que ocorreu uma variação da forma do otólito ao longo do desenvolvimento ontogenético da espécie. Além disso, através dessas análises pode-se sugerir deslocamento dessa espécie ao longo do seu desenvolvimento ontogenético com o maior desenvolvimento do rostrum.

Palavras chaves: estuário, entre marés, crescimento e otólito.

ABSTRACT

Several studies have described the abundance of species *Anchoa tricolor* and *Atherinella brasiliensis* in Paraná coast. The objective of this dissertation is to describe the relative growth of the two species, the habitat use of *Atherinella brasiliensis*, morphology and ontogeny of the sagitta otolith *Anchoa tricolor* in Estuarine Complex of Paranaguá (CEP). Samples were taken at 17 sampling points in the intertidal areas of the CEP in the north-south axis between August/2010 and July/2011 performing a drag with m seine net. The amplitudes of the total length of the captured species were 142 and 15 mm and 85 and 22 mm *A. brasiliensis* and *A. tricolor* respectively. The description of the weight/length rate of both species resulted in positive allometric growth the equations is $W = 0.006 * Ct^{3,064}$ for *A. brasiliensis* and $W = 0.00000142 * Ct^{3,34}$ of *A. tricolor*. For both species set the curve of von Bertalanffy growth and asymptotic length (L_{∞}) em 17, 5cm, with growth coefficient (k) of 0.89 and longevity (A95) of 3.33 years for *A. brasiliensis* and for the *A. tricolor* the asymptotic length (L_{∞}) of 110 mm with a growth coefficient (k) estimated at 1.65 and longevity (A95) of 1.8 years. The temporal distribution of these species demonstrates that the use of CEP intertidal areas differently, however both species had their recruitment during the warmer months of the year. *A. brasiliensis* was present in the system at all stages of its ontogeny however *A. tricolor* that used this environment for recruitment but a small number of adults was captured. Due to capture most of the *A. brasiliensis* related to age with this environmental parameters (chlorophyll, salinity, pH and temperature). Age classes of *A. brasiliensis* showed a spatiotemporal distribution in the environment studied, having predominantly the occurrence of specimens aged <1 and 3 months associated with the sector 2 and the rainy season sampling, differing from the pattern found for specimens with age of 7 months were throughout the sample area with greater abundance in early and late seasons of drought. The environmental variables that most influence the distribution of age classes were the temperature and salinity. The analyzes of the sagitta otolith of *A. tricolor* showed there was a variation of the shape of the otolith along the ontogenetic development of this species. Moreover, through these analyzes may suggest displacement of this species throughout its ontogeny with the further development of the rostrum.

Key words: estuary, intertidal, growth and otolith.

Sumário

1. PREFÁCIO	8
2. INTRODUÇÃO GERAL	8
2.1 OBJETIVOS GERAIS.....	10
2.2 ÁREA DE ESTUDO GERAL.....	11
2.3 AMOSTRAGEM GERAL DE DADOS	12
2.4 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	13
3. CAPÍTULO I	18
4. CAPÍTULO II	35
5. CAPÍTULO III	50
6. CAPÍTULO IV	66
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	85

1. PREFÁCIO

A presente dissertação foi estruturada conforme o modelo proposto pelo Programa de Pós-Graduação em Sistemas Costeiros e Oceânicos da Universidade Federal do Paraná. A primeira parte do trabalho, redigida em português, é composta por aspectos gerais da introdução, objetivos, área de estudo e amostragem. A segunda parte (Capítulos I, II e III), redigida em português, inclui artigos científicos independentes formatados conforme a revista pretendida em preparação para submissão. A terceira parte (Capítulo IV), redigida em inglês, inclui artigo científico independente submetido. A quarta parte é composta pelas considerações finais sobre os quatro capítulos da dissertação.

2. INTRODUÇÃO GERAL

Os estuários são zonas transicionais entre as águas continentais e oceânicas, dos quais diferem nas condições abióticas, na fauna e flora (Mcluský & Elliot, 2004). São considerados formações geológicas recentes (< 5 mil anos), sendo influenciados por forçantes físicas como: descarga fluvial, maré, vento, estratificação da coluna d'água e circulação da região costeira adjacente. A constante alteração das propriedades físico-químicas das massas d'água dentro dos estuários é ocasionada pelos ciclos de maré e também pela sazonalidade que regula a descarga de água fluvial neste sistema (Miranda, *et al.* 2002). Esta variação facilitou uma diversificação estrutural dentro dos estuários, que são compostos por diferentes ambientes como: manguezais, gamboas, marisma e baixios não vegetados (Elliot & Mcluský, 2002).

Biologicamente os estuários apresentam elevada produtividade total, superando os recifes de corais, devido à rápida interação entre a coluna d'água e o sedimento que disponibiliza matéria orgânica para o sistema (Mcluský & Elliot, 2004). As variações dos parâmetros abióticos como salinidade, temperatura, pH e oxigênio dissolvido fez com que os estuários fossem colonizados por espécies de peixe com uma elevada capacidade de osmorregulação (Freire & Prodocimo, 2007).

Apesar da capacidade de osmorregulação ser um fator limitante para a ocupação dos estuários por diversas espécies de peixes, muitas espécies utilizam este ambiente mesmo que por um curto período para alimentação, reprodução, crescimento e proteção contra predação (Souza-Bastos & Freire, 2011). O uso do ambiente estuarino pelos

peixes foi classificado em diferentes guildas como: visitante ocasional marinho ou dulcícola, marinho ou dulcícola migrante, catádromo, anádromo, semi-catadrómo, semi-anádromo, anfidrómodo, estuarino residente, estuarino migrante (Elliot, *et al.* 2007).

Os estuários são considerados berçários, pois devido a sua elevada produtividade e estruturação ambiental favorecem o recrutamento e crescimento de diversas espécies neste ambiente (Laegdsgaard & Johnson, 2001; Naglekerken, 2009). As áreas interditaes dos estuários são ambientes favoráveis ao recrutamento devido a sua ligação permanente com áreas mais profundas como os canais adjacentes e uma maior estruturação física pela colonização desta região interditaes pelos manguezais e marismas (Neves, *et al.* 2010). A densidade de recrutas nas regiões interditaes dos estuários demonstram o efeito positivo, já que, formando agregados ou cardumes os juvenis ou pós-larvas estão protegidos dos predadores (Pfister, 1999).

De acordo com Beck (*et al.* 2003), para que um ambiente possa ser considerado um berçário, o número de recrutas em relação ao número de indivíduos adultos deve ser maior do que em outros locais onde os juvenis estão presentes, indicando que ocorre mudanças no uso do habitat por diferentes fases do desenvolvimento ontogenético. A mudança no uso do habitat por diversas espécies estuarinas pode ser diretamente influenciado: pelas variações oceanográficas, alterações fisiológicas das espécies de peixes com o crescimento e a reprodução, fazendo com que algumas espécies apresentem uso do habitat diferenciado entre as diferentes fases da história de vida conectando ecossistemas (Able, 2005).

A ictiofauna do Complexo Estuarino de Paranaguá (CEP - PR) foi descrita por Falcão, *et al.* 2006; Hackrad, *et al.* 2009; Oliveira Neto, *et al.* 2010; Contente, *et al.* 2011; Passos, *et al.* 2012, entre outros. Segundo Passos (*et al.* 2012) o CEP possui 213 espécies, pertencente a 65 famílias dos quais 208 espécies são *Actinopterygii* e 5 espécies são *Elasmobranchii*. Dentre estas espécies destacam-se pela abundância na região interditaes as espécies *Anchoa tricolor* (Engraulidae) (Spix & Agassiz, 1829) e a *Atherinella brasiliensis* (Atherinopsidae) (Quoy & Gaimard, 1824).

Atherinella brasiliensis é uma espécie bento-pelágica, residente em ambientes estuarinos e costeiros (Hostim-Silva, *et al.* 1995; Pessanha & Araújo, 2001; Neves, *et al.* 2006; Fávaro *et al.* 2007). *Atherinella brasiliensis* está inserida no grupo dos pequenos pelágicos, já que, não ultrapassa 16 cm de comprimento total, 3,4 anos de longevidade (Bervian & Fontoura 2007). Possui ovos bentônicos aderentes e com desenvolvimento larval direto (Del Rio, *et al.* 2005). Quanto aos hábitos alimentares, é

considerada uma espécie generalista e oportunista (Chaves & Vendel 2008; Contente *et al.* 2010). Dependendo da latitude, o comprimento de primeira maturação das fêmeas varia entre 7,6 e 9,1 cm, com atividade reprodutiva mais intensa entre outubro e janeiro (Bervian & Fontoura 1997; Fávaro *et al.* 2003). O crescimento da *A. brasiliensis* foi descrito como alométrico positivo (Paiva-Filho & Giannini, 1990; Haimonici & Velasco, 2000; Giarrizzo, *et al.* 2006; Bervian & Fontoura, 2007; Macieira & Joyeux, 2008; Mazzei, *et al.* 2011; Freire, *et al.* 2012; Costa, *et al.* 2013 e Franco, *et al.* 2013) e sua longevidade, dependente da latitude, estimada entre 2 e 3,4 anos de vida (Pessanha & Araújo, 2001; Bervian & Fontoura, 2007).

A *A. tricolor* é classificada como uma espécie marinha migrante ou estuarina migrante (Araújo, *et al.* 2008b; Vilar, *et al.* 2011; Passos, *et al.* 2013) não ultrapassando 118 mm de comprimento total e 2,3 anos de longevidade (Araújo, *et al.* 2008b; Froese & Pauly 2013). Possui crescimento isométrico (Vaz-Dos-Santos & Rossi-Wongtschowski, 2013, Franco *et al.* 2013) com o comprimento assintótico de 126 mm (Froese & Pauly 2013). Seu período reprodutivo foi estudado na Baía de Sepetiba (RJ) tendo pico reprodutivo em setembro (Araújo, *et al.* 2008a). O uso dos estuários por esta espécie foi pouco estudado, tendo sido observado na Baía de Sepetiba e no Complexo Estuarino de Paranaguá a presença exclusiva de juvenis e jovens do ano, havendo registro de adultos em praias expostas fora da Baía de Sepetiba (Araújo, *et al.* 2008, Contente, *et al.* 2011). A distribuição espaço temporal desta espécie parece ser influenciada pela salinidade e temperatura (Pessanha & Araújo, 2003; Silva, *et al.* 2004), sendo diretamente explorada pela pesca artesanal de iriko (Cardoso & Nordin, 2006).

Devido à importância ecológica e a ausência de estudos que descrevam o crescimento e a mudança ao longo do desenvolvimento ontogenético no uso do habitat pelas espécies *A. tricolor* e *A. brasiliensis* no CEP, o presente trabalho tenta levantar estas importantes informações, base para a compreensão mais precisa do uso espacial no CEP, fundamental para a compreensão dos padrões de distribuição das espécies e das interações entre os organismos e as condicionantes ambientais.

2.1 OBJETIVOS GERAIS

O presente trabalho tem como objetivos: (1) estimar o crescimento relativo de *A. brasiliensis* e *A. tricolor*; (2) identificar os padrões de distribuição dos estágios ontogenéticos de *A. brasiliensis* relacionando a idade com as variáveis ambientais, (3) descrever a morfologia e a morfometria do otólito sagitta da *A. tricolor* ao longo do seu desenvolvimento ontogenético.

2.2 ÁREA DE ESTUDO GERAL

O litoral paranaense está limitado entre as vilas de Ararapira (25°12'44" S e 48°01'15" O) e a Barra do Rio Saí-Guaçu (25°58'38" S e 48°35'26" O), estando composto por diferentes biomas e dois estuários, sendo esses o CEP e Guaratuba (Bigarella, 2001). Segundo a classificação de Köppen, o clima da região é subtropical úmido, mesotérmico com verão quente, com tendência de concentração de chuvas nos meses de verão, mas sem estação seca definida (tipo Cfa) (LANA *et al.*, 2001).

O CEP está delimitado pelas coordenadas 25° 15' - 25° 35' S e 48° 20' - 48° 45' O, com 601 km² de área, é o maior complexo estuarino da costa sul do Brasil. Possui dois eixos principais de orientação: o eixo norte-sul que compreende as Baías de Guaraqueçaba e Laranjeiras com 30 km de extensão, e o leste – oeste formado pelas Baías de Paranaguá e Antonina com extensão estimada de 56 km (Lamour, *et al.* 2004). É um estuário oligotrófico e eutrófico em relação aos seus diferentes setores (Marone, *et al.* 2005).

As vias de interligação mais importantes do estuário com a plataforma continental são o Canal da Galheta, constantemente dragado para o acesso dos navios ao porto de Paranaguá localizado no eixo leste - oeste, e o Canal Sueste formado pela união dos canais Norte e Sueste provenientes do mar aberto (Angulo & Araújo, 1996)

O CEP apresenta uma profundidade média de 5,4m, tempo de residência da água de 3,49 dias, marés semi-diurnas com amplitude entre 0,5 e 2,0 metros, com média 2,2 metros, variando a salinidade e a temperatura da água no verão e inverno entre 12-29 e 23-30°C e 20-34 e 18-25°C respectivamente (Lana, *et al.* 2001). É um estuário dominado pelas correntes de maré (Noernberg, *et al.* 2007) e com formação de praias estuarinas (Rosa & Borzone 2008). Segundo Marone (*et al.* 2007) pode ser classificado como um estuário parcialmente misturado tipo “b”, ou seja, apresentam uma não homogeneidade lateral, sendo caracterizado também por ocorrer estratificação na coluna d’água.

Em comparação ao eixo norte-sul, o aporte de água doce é maior no eixo leste-oeste, devido principalmente aos rios Guaraguaçu, Cachoeira, Faisqueira e Nhundiaquara. Devido ao encontro da cunha salina com a massa d’água menos salina ocorre uma zona de máxima turbidez no eixo leste-oeste com maior concentração de sedimentos em suspensão e também nutrientes (Machado, 2011). Além do aporte fluvial e das características sedimentares, os dois eixos do CEP se diferenciam pela urbanização sendo que o eixo norte – sul tem uma menor urbanização e é caracterizado

pela presença de regiões mais preservadas como o Parque Nacional de Superagui na Baía de Laranjeiras.

2.3 AMOSTRAGEM GERAL DE DADOS

Os exemplares de *Atherinella brasiliensis* e *Anchoa tricolor* foram capturados nas regiões interditais do CEP. Foram realizadas coletas em 17 pontos no eixo norte-sul do CEP (Fig. 1) distribuídos ao longo de um gradiente de salinidade. A amostragem foi realizada entre agosto de 2010 a julho de 2011, durante a maré de quadratura. Para a caracterização dos parâmetros físico-químico destes ambientes foi realizada uma perfilagem de CTD na qual obteve-se os seguintes parâmetros: salinidade (ups), temperatura (°C), pH e clorofila (µg/L).

Em cada mês, foi realizado por ponto um arrasto paralelo à costa com extensão de 30 m, até aproximadamente 1,5 m de profundidade, utilizando uma rede de arrasto do tipo “picaré” (com 15 m de comprimento, 2 m de altura e malha com 2,5 mm entre nós opostos em toda a rede) puxada por duas pessoas.

Após a amostragem os exemplares foram identificados até o menor nível específico (Pinheiro, et al. 1994; Menezes & Figueiredo, 2000), medidos (comprimento total Ct), pesados (P) e sexados quando possível.

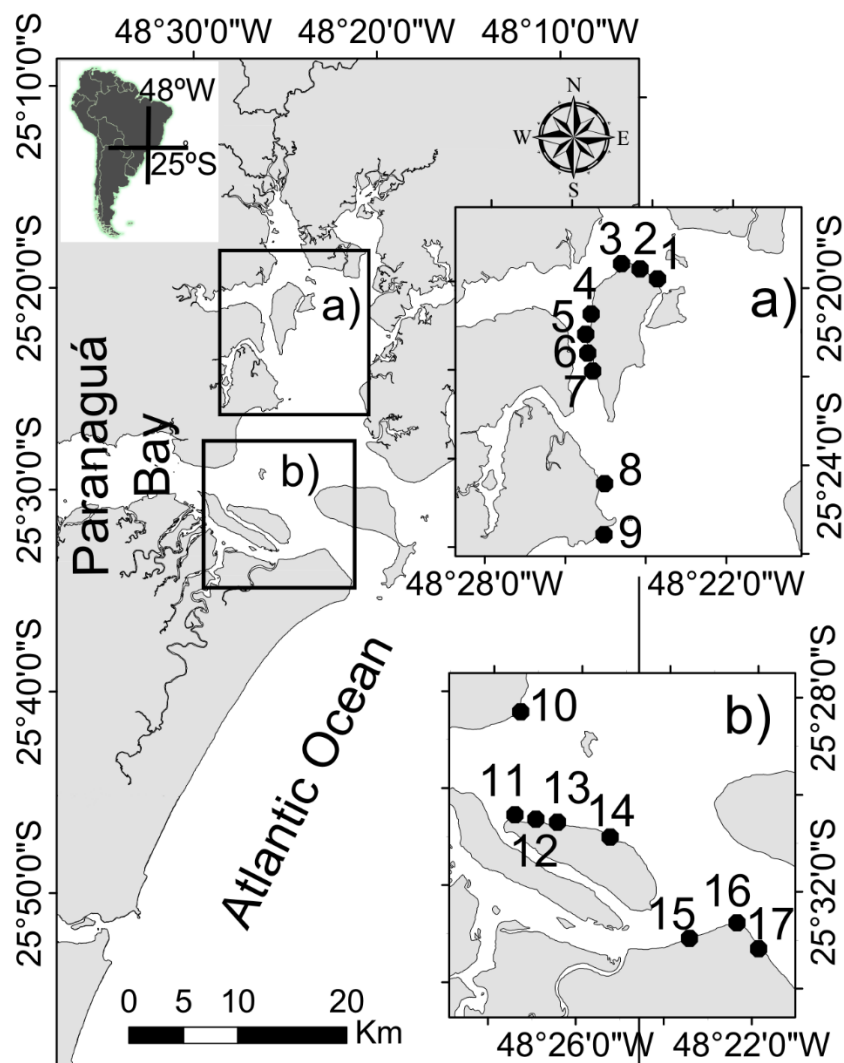


Figura 1. Mapa do Complexo Estuarino Baía de Paranaguá com os pontos de coleta.

2.4 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABLE, K. W. (2005). A re-examination of fish estuarine dependence: Evidence for connectivity between estuarine and ocean habitats. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v.64, p. 5 -17.

ANGULO, R. J. & ARAÚJO, A. D. (1996) Classificação da costa paranaense com base na sua dinâmica, como subsidio a ocupação da orla litorânea. **Boletim Paranaense de Geociências**, v. 44, p. 7 -17.

ARAÚJO, F.G.; SILVA, M. A.; AZEVEDO, M.C.C. & SANTOS, J.N.S. (2008a). Spawning season, recruitment and early life distribution of *Anchoa tricolor* (Spix and Agassiz, 1829) in a tropical bay in southeastern Brazil. **Braz. J. Biol.**, v. 68, n. 4, p. 823-829.

ARAUJO, F. G.; SILVA, M. A.; SANTOS, J. N.S. & VASCONCELLOS, R. M. (2008b). Habitat selection by anchovies (*Clupeiformes: Engraulidae*) in a tropical bay at Southeastern Brazil. **Neotropical Ichthyology**, v.6, n.4, p. 583-590.

BARLLETA, M.; A. J. JAUREGUIZAR; C. BAIGUN; N. F. FONTOURA; A. A. AGOSTINHO; V. M. F. ALMEIDA-VAL; A. L. VAL; R. A. TORRES; L. F. JIMENES-SEGURA; T. GIARRIZZO; N. N. FABRE; V. S. BATISTA; C. LASSO; D. C. TAPHORN; M. F. COSTA; P. T. CHAVES; J. P. VIEIRA and M. F. M. CORREA. (2010). Fish and aquatic habitat conservation in South America: a continental overview with emphasis on neotropical systems. **Journal of Fish Biology**, v. 76, p. 2118–2176.

BECK, M. W.; JR. K. L.; ABLE, K. W.; CHILDERS, D. L.; EGGLESTON, D. B.; GILLANDERS, B. M.; HALPERN, B. S.; HAYS, C. G.; HOSHINO, K.; MINELLO, T. J.; ORTH, R. J.; SHERIDAN, P. F.; WEINSTEIN, M. P. (2003) The Role of Nearshore Ecosystems as Fish and Shellfish Nurseries. **Ecological Society of America**, n.11, p. 1-14.

BERVIAN, G. & FONTOURA, N. F. (1997). Reprodução de *Atherinella brasiliensis* no estuário do rio Tramandaí, Imbé, Rio Grande do Sul, Brasil (Teleostei, Atherinopsidae). **Biociências**, v.5, n.2, p.19-32.

BERVIAN, G. & FONTOURA, F. N. (2007). Growth of the Silverside *Atherinella brasiliensis* in Tramandaí Estuary, Southern Brazil (Actinopterygii: Atherinopsidae). **Neotropical Ichthyology**, v. 5, n. 4, p. 485-490.

BIGARELLA, J.J. (2001). Contribuição ao Estudo da Planície Litorânea do Estado do Paraná. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, Jubilee Volume (1946-2001), p. 65 – 110.

CARDOSO, T. A. & NORDI, N. 2006 Small-Scale Manjuba Fishery around Cardoso Island State Park, SP, Brazil. *Braz. J. Biol.*, vol. 66, n.4, p. 963-973.

CHAVES, P. T. & VENDEL, A. L. (2008). Análise comparativa da alimentação de peixes (Teleostei) entre ambientes de marisma e de manguezal num estuário do sul do Brasil (Baía de Guaratuba, Paraná). **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 25, n.1, p. 0–15.

CONTENTE, R.F.; STEFANONI, M. F. & SPACH, H. L. (2010). Feeding ecology of the Brazilian silverside *Atherinella brasiliensis* (Atherinopsidae) in a sub-tropical estuarine ecosystem. **Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom**, p. 1 – 9.

CONTENTE, R.F.; STEFANONI, M. F. and SPACH, H. L. (2011). Fish assemblage structure in an estuary of the Atlantic Forest biodiversity hotspot (southern Brazil). **Ichthyol Res.**, v. 50, p. 58 – 38.

COSTA, M. R.; PEREIRA, H. H.; NEVES, L. M. & ARAÚJO, F. G. 2013. Length–weight relationships of 23 fish species from Southeastern Brazil. *J. Appl. Ichthyol.*, technical contribution, p. 1-3.

ELLIOTT, M.; WHITFIELD, A. K.; POTTER, I. C.; BLABER, S. J. M.; CYRUS, D. P.; NORDLIE, F. G.; HARRISON, T. D. (2007). The guild approach to categorizing estuarine fish assemblages: a global review. **Fish and Fisheries**, vol. 8, p. 241–268.

FALCÃO, M. G.; SARPÉDONTI, V.; SPACH, H. L.; OTERO, M. E. B.; QUEIROZ, G. M. L. N. & SANTOS, C. (2006). A ictiofauna em planícies de maré das Baías das Laranjeiras e de Paranaguá, Paraná, Brasil. **Zoociências**, vol. 8, n.2, p. 125-138.

FÁVARO, L.F., LOPES, S. DE C. G. & SPACH, H. L. (2003). Reprodução do peixe-rei, *Atherinella brasiliensis* (Quoy & Gaimard) (Atheriniformes, Atherinidae), em uma planície de maré adjacente à gamboa do Bagaçu, Baía de Paranaguá, Paraná, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 20, p.501–506.

FÁVARO, L. F.; ELTON C. de OLIVEIRA & NELSY FENERICH, V. (2007). Estrutura da população e aspectos reprodutivos do peixe - rei *Atherinella brasiliensis* (Quoy&Gaimard) (Atheriniformes, Atherinopsidae) em áreas rasas do Complexo Estuarino de Paranaguá, Paraná, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 24, n.4, p. 1150 -1156.

FRANCO, T. P.; ARAÚJO, C. E.O. & ARAÚJO, F. G. 2013. Length–weight relationships for 25 fish species from three coastal lagoons in Southeastern Brazil. *J. Appl. Ichthyol*, technical contribution, p. 1-3.

FREIRE, C. A.; PRODOCIMO, V. (2007). Special challenges to teleost fish osmoregulation in environmentally extreme or unstable habitats. In: Baldissarotto B, Mancera JM, Kapoor BG (eds) **Fish osmoregulation**, vol 1. Science Publishers, Enfield, p. 249 – 276.

FREIRE, K. M. F.; NASCIMENTO, F. P.; ROSÁRIO, L. M. O.; ROCHA, G. R. A.; ALVES, G. A. & LINS-OLIVEIRA, J. E. (2012). Characterization of some biological aspects of *Atherinella brasiliensis* caught during sport fishing tournaments: a case study from Northeastern Brazil. **Bol. Inst. Pesca**, v. 38, n. 2, p. 171 – 180.

FROESE, R.; PAULY, D. Editors. 2013. FishBase. World Wide Web electronic publication. <www.fishbase.org>, version (07/2013).

GIARRIZZO, T.; SILVA DE JESUS, A. J.; LAMEIRA, E. C.; ARAUJO DE ALMEIDA, J. B.; ISAAC, V. & SAINT-PAUL, U.2006. Weight-length relationships for intertidal fish fauna in a mangrove estuary in Northern Brazil. *J. Appl. Ichthyol.*, v. 22, p. 325–327.

HACKRADT, C. W.; PICHLER, H. A.; FÉLIX, F. C.; SCHWARZ JÚNIOR, R. SILVA, L.O.; SPACH, H. L. (2009). A estrutura da comunidade de peixes em praias de baixa energia do complexo estuarino da Baía de Paranaguá, Brasil. **Revista Brasileira de Zoociências**, v. 11, n.3, p. 231-242.

HAIMOVICI, M. & VELASCO, G. 2000. Length weight relationships of marine bony fishes from Southern Brazil. *Naga, Filipinas*, 23(1): 19-23.

HOSTIM-SILVA, M., L. CLEZAR, G. C. RIBEIRO & C. MACHADO (1995). Estrutura populacional de *Xenomelaniris brasiliensis* (Quoy&Gaimard, 1824) na Lagoa da Conceição, SC. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 38, n.3, p. 949-960.

LAEGDSGAARD, P. and JOHNSON, C. (2001). Why do juvenile fish utilise mangrove habitats? **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, vol. 257 p. 229–253.

LAMOUR, M. R.; SOARES, C. R. & CARRILHO, J. C.(2004). Mapas de parâmetros texturais de sedimentos de fundo do Complexo Estuarino de Paranaguá – PR. **Boletim Paranaense de Geociências**, n. 55, p. 77-82.

LANA, P.C.; MARONE, E.; LOPES, R.M.; MACHADO, E.C. (2001). The Subtropical Estuarine Complex of Paranaguá Bay, Brazil, p. 131-145. In: U. SEELIGER & B. KJERFVE (Eds). **Coastal Marine Ecosystems of Latin America**. Berlin, Springer-Verlag, 360p.

MACIEIRA, R. M. & JOYEUX, J. C. 2008. Length–weight relationships for rockpool fishes in Brazil. *J. Appl. Ichthyol*. Short communication, p. 1 – 2.

MACHADO, C. G. (2011) Caracterização química dos agregados e sedimentos superficiais na zona de máxima turbidez no complexo estuarino de Paranaguá (CEP). **Boletim Paranaense de Geociências**, v. 64-65, p. 40-47.

MARONE, E.; MACHADO, E. C.; LOPES, R. M. & SILVA, E.T. 2005. Land-ocean fluxes in the Paranaguá bay estuarine system, southern Brazil. *Brazilian Journal of Oceanography*, v. 53, n.3-4, p. 169-181.

MARONE, E.; NOERNBERG, M.; LAUTERT, L. F.; SANTOS, I.; FILL, H. D. BUBA, H.; MAREDA, A. (2007). Medições de correntes e curva vazão-maré na Baía de Paranaguá-PR. **Boletim Paranaense de Geociências**, v. 60, p. 55-64.

MAZZEI, E.; JOYEUX, J.C. & SIMON, T. 2011 Length–weight relationships for juvenile and small-sized adult fishes of the surf zone. *J. Appl. Ichthyol*, v.27, p. 1137–1138.

MCLUSKY, D. S. and ELLIOT, M. (2004). **The estuarine ecosystem**. Ed. Oxford

MENEZES, N. A. & FIGUEIREDO, J. L. (2000) **Manual de peixe marinhos do sudeste do Brasil Teleostei V**. Museu de Zoologia, Universidade de São Paulo p. 71- 75.

MIRANDA, L.B.; CASTRO, B.M.; KJERFVE, B. (2002). **Princípios de Oceanografia física de estuários**. Editora da Universidade de São Paulo – São Paulo. 414p.

NAGLEKERKEN, I. (2009). **Ecological Connectivity among tropical coastal ecosystems**. Ed. Springer.

NEVES, L. M.; PEREIRA, H. H.; COSTA, R. M & ARAÚJO, F. G. (2006). Uso do manguezal de Guaratuba, Baía de Sepetiba, Rio de Janeiro, pelo peixe-rei *Atherinella brasiliensis* (Quoy&Gaimard) (Atheriniformes, Atherinopsidae). **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 23, n.2, p. 421-428.

NEVES, L.M.; TEIXEIRA, T. P. & ARAÚJO, F. G. (2010) Structure and dynamics of distinct fish assemblages in three reaches (upper, middle and lower) of an open tropical estuary in Brazil. **Marine Ecology**, v. 32, p. 115–131.

NOERNBERG, M.; MARONE, E. & ANGULO, R. (2007). Coastal Currents and Sediment Transport in Paranaguá Estuary Complex Navigation Channel. **Boletim Paranaense de Geociências**, v. 60, p. 45-54.

OLIVEIRA NETO, J.F.; SPACH, H. L.; SCHWARZ JR, R. & PICHLER, H. A. (2010). Fish communities of two tidal creeks in the Pinheiros Bay, state of Paraná, Southern Brazil. **Braz. J. Aquat. Sci. Technol.**, v. 14, n.2, p. 47-54.

PAIVA FILHO, A. M. & GIANNINI, R. (1990). Contribuição ao conhecimento da biologia do peixe-rei, *Xenomelaniris brasiliensis* (Quoy&Gaimard, 1824) (Atherinidae), no complexo baía-estuário de Santos e São Vicente, Brasil. **Bol. Inst. Oceanogr.**, v. 38, n. 1, p. 1-9.

PASSOS, A. C.; CONTENTE, R. F.; ARAÚJO, C. C. V.; DAROS, F. A. L. M.; SPACH, H. L.; ABILHOA, V.; FÁVARO, L. F. (2012). Fishes of Paranaguá Estuarine Complex, South West Atlantic. **Biota Neotropica**, v.12, n.3, p. 227-241.

PASSOS, A. C.; CONTENTE, R. F.; ABBATEPAULO, F. V.; SPACH, H. L.; VILAR, C. C.; JOYEUX, J. C.; CARTAGENA, B. F. C. & FÁVARO, L. F. (2013) Analysis of fish assemblages in sectors along a salinity gradient based on species, families and functional groups. **Brazilian Journal of Oceanography**, v. 61, n. 4, p. 251-264.

PESSANHA, A. L. M. & ARAÚJO, F. G. (2001). Recrutamento do peixe-rei, *Atherinella brasiliensis* (Quoy&Gaimard) (Atheriniformes, Atherinopsidae), na margem continental da Baía de Sepetiba, Rio de Janeiro, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 18, n.4, p. 1265 – 1274.

PESSANHA, A. L. M. & ARAÚJO, F. G. (2003) Spatial, temporal and diel variations of fish assemblages at two sandy beaches in the Sepetiba Bay, Rio de Janeiro, Brazil. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 57, p. 817–828.

PFISTER, C. A. (1999). Recruitment of Intertidal Fishes. In: **Intertidal Fishes: Life in two worlds**. Academic. Press.

PINHEIRO, P. C.; CORRÊA, M.F.M e SPACH, H. L. (1994). Caracteres consistentes para a identificação de pós-larvas, juvenis e adultos de *Anchoa parva* e *A. tricolor* (PISCES, ENGRAULIDAE). **Arq. Biol. Technol.**, v. 37, n.4, p. 843-852.

ROSA, L. C. & BORZONE, C. A. (2008). Uma abordagem morfodinâmica na caracterização física das praias Estuarinas da Baía de Paranaguá, sul do Brasil. **Revista Brasileira de Geociências**, vol, 38, n.2, p. 237-245.

SILVA, M. A; ARAUJO, F. G.; AZEVEDO, M. C. C. & SANTOS, J. N. S (2004). The nursery function of sandy beaches in a Brazilian tropical bay for 0-group anchovies (Teleostei: Engraulidae): diel, seasonal and spatial patterns. **J. Mar. Biol. Ass. U.K.**, n. 84, p. 1229 – 1232.

Souza-Bastos, L. & Freire, C. A. (2011). Osmoregulation of the resident estuarine fish *Atherinella brasiliensis* was still affected by an oil spill (Vicuña tanker, Paranaguá Bay, Brazil), 7 months after the accident. *Science of the Total Environment*, 409:1229–1234.

VAZ-DOS-SANTOS, A. M. & ROSSI-WONGTSCHOWSKI, C. L. D.B.(2013).Length-weight relationships of the ichthyofauna associated with the Brazilian sardine, *Sardinella brasiliensis*, on the Southeastern Brazilian Bight (22°S-29°S) between 2008 and 2010. **Biota Neotropica**, v. 13, n.2, p. 1-6.

VILAR, C. C.; SPACH, H. L.; JOYEUX, J. C. 2011 Spatial and temporal changes in the fish assemblage of a subtropical estuary in Brazil: environmental effects. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, v. 91, n.3, p. 635–648.

3. CAPÍTULO I

Crescimento relativo de *Atherinella brasiliensis* (Quoy & Gaimard, 1825) em um estuário subtropical, Brasil.

Revista pretendida: Brazilian Journal of Biology, ISSN 1678-4375, Fator de impacto (JCR, 2012) = 0,25, Qualis CAPES = B1

CARVALHO, B. M.¹; FONTOURA, N. F.² e SPACH, H. L.¹

¹Programa de Pós – Graduação de Sistema Costeiro e Oceânicos, UFPR, Av. Beira-Mar, s/n, CEP 83255976, caixa postal 61, Bal. Pontal do Sul, Pontal do Paraná, PR – Brasil. bmaicarvalho@gmail.com

² Faculdade de Biociências, PUCRS, Av. Ipiranga 6681, CEP 90619-900, Porto Alegre

RESUMO

Nas áreas interditais do Complexo Estuarino de Paranaguá foram mensalmente capturados 9672 indivíduos do peixe-rei *Atherinella brasiliensis* durante o período de agosto de 2010 e julho de 2011, com comprimentos totais variando entre 1,5 e 14,2 cm. A relação peso/comprimento da espécie foi descrita pela equação $W = 0,006 \cdot Ct^{3,064}$ ($r=0,99$), apresentando ligeira alometria positiva ($b>3$). As distribuições de frequências do comprimento total indicam que a espécie esteve presente nas áreas rasas do Complexo Estuarino de Paranaguá (CEP) em todas as fases do seu desenvolvimento ontogenético, identificando-se recrutamento de juvenis entre outubro e novembro. Através do acompanhamento do deslocamento modal ao longo de 12 meses, ajustou-se a curva de crescimento da espécie segundo o modelo de von Bertalanffy, estimando-se o comprimento assintótico (L_{∞}) em 17,5cm, com coeficiente de crescimento (k) de 0,89 e longevidade (A_{95}) de 3,33 anos. A tentativa de descrever um padrão de crescimento latitudinal para a *A. brasiliensis* demonstrou a ocorrência de um padrão entre os parâmetros de crescimento apenas entre as latitudes 19° e 30°S, sendo possível sugerir que o gradiente de temperatura dentro deste intervalo de latitude influência no crescimento da *A. brasiliensis*, com indivíduos maiores nas maiores latitudes.

Palavras chaves: Atherinopsidae, regiões intertidais, longevidade e relação peso/comprimento

On the intertidal areas of Estuarine Complex of Paranaguá were captured 9672 specimens of Brazilian silversides *Atherinella brasiliensis* from August/2010 to July/2011, with total length range from 1.5 to 14.2 cm. The species weight/length rate was described by the equation $W = 0.006 \cdot Ct^{3.064}$ ($r=0.99$), showing a slightly positive allometry ($b>3$). The frequencies distribution of total length indicates that the species is found at the shallow areas of the Estuarine Complex of Paranaguá during all phases of its ontogenetic development, with the juveniles recruitment happening between October and November. The modal displacement was monitored over 12 months, being a standard to adjust the species growth curve accordingly Von Bertalanffy's model with an asymptotic growth (L_{∞}) estimated in 17.5cm, growth coefficient (k) of 0.89 e longevity (A_{95}) of 3.33 years. The attempt to describe a pattern of latitudinal growth for *A. brasiliensis* showed the occurrence of a pattern between growth parameters only between latitudes 19 ° and 30 ° S, it is possible to suggest that the temperature gradient within this range of latitude influence the growth of *A. brasiliensis*, with larger individuals in the higher latitudes.

Key words: Atherinopsidae, intertidal regions, longevity and relationship weight / length

INTRODUÇÃO

As variações dos parâmetros ambientais como temperatura e fotoperíodo influenciam diretamente nas taxas de crescimento, comprimento máximo e na longevidade dos peixes (Fontoura e Agostinho, 1996). A influência ambiental no crescimento dos peixes pode ser observada em indivíduos das mesmas espécies estudas em distintas latitudes (Pauly, 1980; Gianomini e Shuter, 2013), como observado em algumas espécies de pequenos peixes pelágicos (Peck, *et al.* 2013).

A família Atherinopsidae é composta por 13 gêneros e 104 espécies de hábito pelágico ou bento-pelágico. No Brasil ocorrem quatorze espécies pertencentes à família: *Atherina lessoni*, *Atherinella blackburni*, *A. brasiliensis*, *Odontesthes argentinensis*, *O. bicudo*, *O. bonariensis*, *O. incisa*, *O. humensis*, *O. ledae*, *O. perugiae*, *O. piquava*, *O. mirinensis*, *O. retropinnis* e *Pseudothyris iheringi* (Menezes e Figueiredo, 2000; Becker *et al.* 2003; Brian e Dyer, 2006; Mattox *et al.* 2008). Dentre as espécies desta família a *A. brasiliensis* apresenta a maior distribuição geográfica na costa brasileira, estando presente entre a Venezuela (10°N) e o Rio Grande do Sul (32°S) (Brian e Dyer, 2006).

Atherinella brasiliensis é uma espécie bento-pelágica, residente em ambientes estuarinos e costeiros (Hostim-Silva, *et al.* 1995; Pessanha e Araújo, 2001; Neves, *et al.* 2006; Fávaro *et al.* 2007), possui ovos bentônicos aderentes e com desenvolvimento larval direto (Del Rio, *et al.* 2005). Os estudos sobre a espécie no litoral paranaense compreenderam aspectos da estrutura populacional e reprodução (Fávaro *et al.* 2003; Fávaro *et al.* 2007), citogenética (Sczepanski *et al.* 2007), ecologia trófica (Contente *et al.* 2010), variabilidade genética (Stoiev, 2010), assim como alterações fisiológicas causada por hidrocarbonetos (Ribeiro *et al.* 2013). Quanto ao hábito alimentar, é considerada uma espécie generalista e oportunista (Chaves e Vendel 2008; Contente *et al.* 2010). Dependendo da latitude, o comprimento de primeira maturação das fêmeas varia entre 7,6 e 9,1 cm, com atividade reprodutiva mais intensa entre outubro e janeiro com desova parcelada (Berviane Fontoura 1997; Fávaro *et al.* 2003). O crescimento da *A. brasiliensis* foi descrito como alométrico positivo (Paiva-Filho e Giannini, 1990; Haimonici e Velasco, 2000; Giarrizzo, *et al.* 2006; Bervian e Fontoura, 2007; Macieira e Joyeux, 2008; Mazzei, *et al.* 2011; Freire, *et al.* 2012; Costa, *et al.* 2013 e Franco, *et al.* 2013) e sua longevidade, dependente da latitude, estimada entre 2 e 3,4 anos de vida (Pessanha e Araújo, 2001; Bervian e Fontoura, 2007).

O presente estudo teve como objetivos a descrição do crescimento de *A. brasiliensis* dentro do Complexo Estuarino de Paranaguá CEP, informação inexistente

para a espécie nessa região, juntamente com a descrição do padrão latitudinal dos parâmetros de crescimento e da relação peso/comprimento dessa espécie na costa brasileira.

MATERIAIS E MÉTODOS

As coletas foram realizadas entre agosto de 2010 e julho de 2011 em 17 pontos do eixo norte-sul do CEP, Paraná (25° 15' - 25° 35' S e 48° 20' - 48° 45' O). Em cada mês foi realizado, em todos os pontos amostrais, um arrasto paralelo à costa com extensão de 30 m, utilizando uma rede de arrasto do tipo “picaré” com 15 m de comprimento, 2 m de altura e malha com 2,5 mm entre nósopostos. Após a captura os indivíduos foram resfriados, identificados (Menezes e Figueiredo, 2000), mensurados o comprimento total (C_t 0,01 cm) e pesados (P 0,01 g). Os indivíduos foram classificados como jovens do ano ou juvenis indivíduos com comprimento entre 2 e 3 cm; recrutas indivíduos entre 4 e 6 cm de comprimento total; e adultos acima de 7 cm comprimento de primeira maturação descrito para a região por Fávaro et al. (2003).

A relação peso/comprimento foi ajustada através da equação (Huxley, 1924): $W = a.C_t^b$; onde W é o peso previsto; C_t é o comprimento total, a é o coeficiente de proporcionalidade e b o coeficiente de alometria.

Para a interpretação do ciclo de vida da espécie, os indivíduos capturados foram agrupados bimestralmente em distribuições de frequência de comprimento e as frequências de ocorrência foram logaritmizadas para melhor visualização. A idade presumida de cada grupo etário foi estabelecida considerando-se o ápice do período reprodutivo em outubro na Baía de Paranaguá (PR), conforme Fávaro et al. (2003). Uma vez que não houve sobreposição marcada de grupos etários, cada indivíduo teve a sua idade estimada conforme o grupo etário que pertencia.

A partir da relação presumida de comprimento/idade de todo o conjunto de animais capturados, ajustou-se a curva de crescimento de von Bertalanffy (1938): $L_t =$

$L_{\infty} [1 - e^{-K(t-t_0)}]$, onde: L_t é o comprimento total (cm) na idade t , L_{∞} o comprimento assintótico, K a taxa instantânea de crescimento e t_0 é um fator de correção de tempo relacionado ao tamanho no nascimento ou eclosão. A longevidade *senso* Taylor (1959), o tempo que peixe leva para atingir 95% do L_{∞} , foi estimada através da seguinte equação: $A = -2,96/K$, onde K é a taxa instantânea de crescimento do modelo de crescimento de von Bertalanffy. Os ajustes das equações de von Bertalanffy e da relação peso/comprimento foram realizado no programa SPSS 17.0 através do algoritmo de Levenberg – Marquardt.

Com base em dados publicados sobre o comprimento máximo, relação peso/comprimento e os parâmetros da equação de von Bertalanffy de *A. brasiliensis*, foi aplicada a análise de regressão para avaliar possíveis padrões de variação latitudinal ao longo da costa brasileira.

RESULTADOS

Foram capturados 9672 indivíduos de *A. brasiliensis* com comprimento total médio e desvio padrão de 4,5 cm ($\pm 2,5$ cm), amplitude de variação entre 1,5 e 14,2 cm, e pesos entre 0,02 e 23,09 g, com média e desvio padrão de 1,0 g (± 3 g).

A relação entre o peso (g) e o comprimento total (cm) é descrita pela equação $W = 0,006 \cdot Ct^{3,064}$ ($r = 0,99$) (Tabela 1). Observa-se uma alometria positiva demonstrando que a espécie cresce mais em comprimento do que em peso (Figura 1A). Na figura 1B observa-se a distribuição de resíduos proporcionais $((obs - esp) / esp)$ em nuvem homocedástica e sem padrões de tendência, indicando adequação do modelo ajustado.

Tabela 1. Parâmetros estimados para a relação peso/comprimento de *A. brasiliensis* (a = coeficiente de proporcionalidade e b = coeficiente de alometria) no Complexo Estuarino de Paranaguá, Paraná.

Parâmetros	Estimado	Erro Padrão	I.C. 95%
a	0,006	0,000	0,006 e 0,006
b	3,064	0,003	0,058 e 0,070
r^2	0,99		

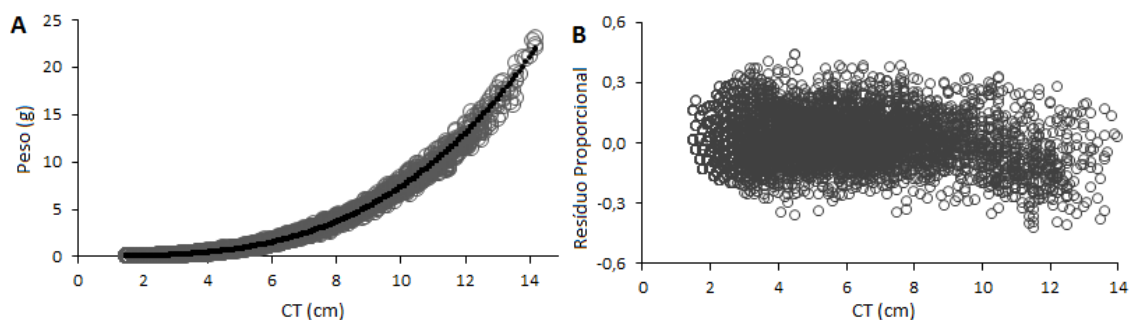


Figura 1. *Atherinella brasiliensis* no Complexo Estuarino de Paranaguá, Paraná. A) Relação Peso/Comprimento. B) Resíduos proporcionais decorrentes da relação peso/comprimento.

As distribuições de frequências de comprimento total durante o período amostrado (Figura 2) registram a presença de animais em todas as classes de tamanho, sugerindo que a *A. brasiliensis* tem ao longo do ano, todas as fases do seu desenvolvimento ontogenético associadas às áreas rasas do CEP.

Analisando separadamente cada bimestre, observa-se que em agosto/setembro de 2010, início do período amostrado, ocorreu predominância de indivíduos adultos acima de 7 cm de comprimento total (>7 cm, menor fêmea madura capturada por Bervian e Fontoura, 1997), não ocorrendo jovens do ano e com a presença poucos indivíduos recrutas (Ct médio de $9,5 \pm 1,86$ cm; Ct min = 2,5 cm e Ct máx= 14,2 cm) (Figura 2).

No bimestre seguinte, em outubro/novembro de 2010 inicia-se o período de recrutamento, com a dominância de jovens do ano, juntamente com a presença de recrutas e adultos (Ct médio de $3,2 \pm 2,78$ cm; Ct min = 1,5cm e Ct máx= 14,1 cm-Figura 2). Durante os meses de dezembro/janeiro permanece a entrada de jovens do ano, porém observa-se uma redução no número de indivíduos da classe de tamanho de 2 cm e um aumento na frequência até 8 cm, resultado do crescimento dos indivíduos dessas classes de tamanho (Ct médio de $3,7 \pm 1,73$ cm; Ct min = 1,7 cm e Ct máx= 13,6 cm) (Figura 2).

Em fevereiro e março em função da redução do recrutamento, ocorre uma diminuição do número de indivíduos até 4 cm, porém ocorre um aumento numérico dos indivíduos entre 6 e 9 cm mostrando que ocorreu o deslocamento da moda indicando crescimento entre este bimestre e os anteriores (Ct médio de $6,4 \pm 1,9$ cm; Ct min = 1,6 cm e Ctmáx= 13,7 cm) (Figura 2).

No bimestre de abril/maio, de um modo geral, ocorre a redução da frequência de todas as classes de tamanho, com um recrutamento menos intenso que nos períodos anteriores (Ct médio de $6,6 \pm 2,04$ cm; Ct min = 1,5 cm e Ctmáx= 13 cm) (Figura 2). Em relação aos dois bimestres anteriores, observa-se um aumento da abundância de indivíduos menores que 5 cm e uma redução dos indivíduos maiores que esta classe de tamanho (Ct médio de $5,4 \pm 2,8$ cm; Ct min = 1,7 cm e Ctmáx= 11,9 cm).

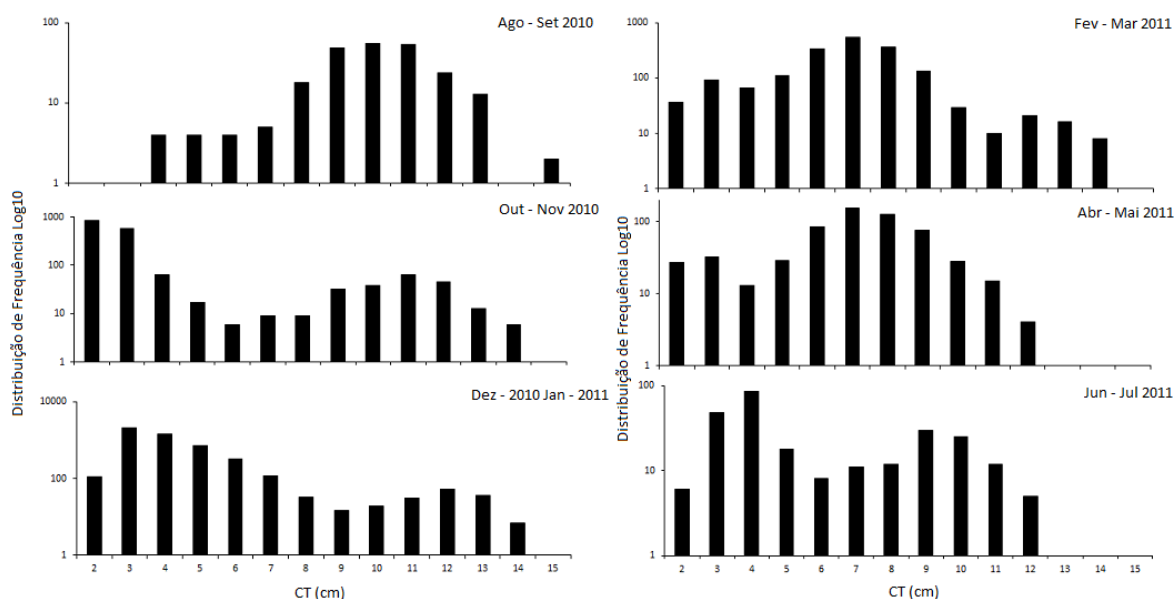


Figura 2. Distribuição de frequência de *A. brasiliensis* no Complexo Estuarino de Paranaguá, Paraná.

A figura 3 apresenta os comprimentos dos indivíduos capturados mês a mês, com idade estimada em função das distribuições modais identificadas na distribuição de frequências de comprimento. Apresenta-se, igualmente, a mediana do comprimento total dos indivíduos considerados como de mesma idade, assim como a curva prevista de crescimento segundo o modelo de von Bertalanffy, cujos parâmetros encontram-se na Tabela 2. A longevidade foi de 3,33 anos.

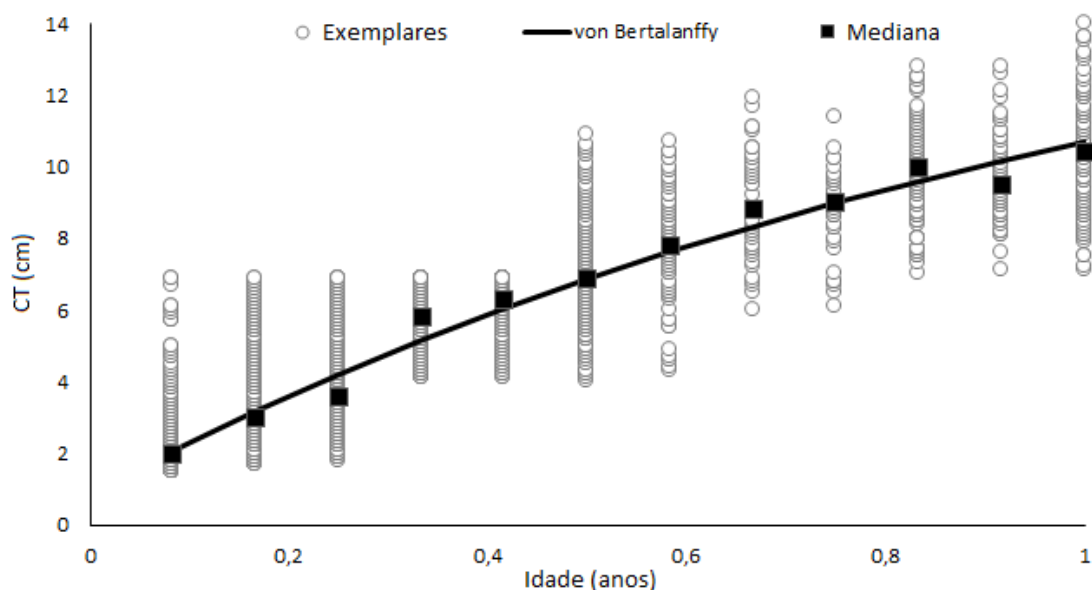


Figura 3. Curva de crescimento segundo modelo de von Bertalanffy para *A. brasiliensis* no Complexo Estuarino de Paranaguá, Paraná.

Tabela 2. Parâmetros estimados da equação de von Bertalanffy da *Atherinella brasiliensis* do Complexo Estuarino de Paranaguá, coeficiente de crescimento k ; idade em que os peixes têm um comprimento teórico igual a zero t_0 e crescimento assintótico L_∞ .

Parâmetros	Estimado	Erro Padrão	I.C. 95%
k	0,89	0,042	0,806 e 0,973
t_0	-0,060	0,003	-0,067 e -0,054
L_∞	17,45	0,548	16,38 e 18,53

A Tabela 3 apresenta um sumário das informações disponíveis referente à relação peso/comprimento e o comprimento máximo de captura de *A. brasiliensis* ao longo da costa brasileira.

Tabela 3. Sumário de trabalhos descritivos das relações peso/comprimento de *A. brasiliensis* ao longo da costa brasileira. * Valores transformados, sendo: $a \cdot 10^b$.

Autor	Latitude	CT máx (cm)	a	b
Presente trabalho	25° 15' S	14,2	0,006	3,06
Bervian e Fontoura (2007)			0.00681 (In)	3.03
	29°58'S	17	0.00486 (M)	3.20
			0.00487 (F)	3.20
Costa (<i>et al.</i> 2013)	23°-02'S	16	0,006	2,97
Franco (<i>et al.</i> 2013)	22°49' – 57'S	17,7	0,005	3,01
Freire (<i>et al.</i> 2012)	14°48'S	13,4	0,005	3,11
Freire (<i>et al.</i> 2012)	05°46'S	14,9	0,004	3,23
Giarrizzo (<i>et al.</i> 2006)	0°10'S	11,4	0,0061	3,03
Haimoncie Velasco (2000)	28° - 34°S	15,5	0,0033*	3,33
Macieira e Joyeux (2008)	20°50'S	7,1	0,0072	2,91
Mazzei (<i>et al.</i> 2011)	19°57'S	12,36	0,0061	3,01
Paiva-Filho e Giannini (1990)	24° 25'S	13,1	0,006*	3,03

Os coeficientes de proporcionalidade e alometria obtidos ao longo da costa brasileira não apresentam um padrão de variação latitudinal (Figura 4 A, B; Tabela 3). Embora as diferenças não sejam significativas, o Ct parece crescer em direção as maiores latitudes (Figura 4C; Tabela 3), enquanto que observa-se um aumento significativo na alometria e uma diminuição, não significativa da proporcionalidade da latitude 19°S para o sul (Figura 4D, 4E; Tabela 3).

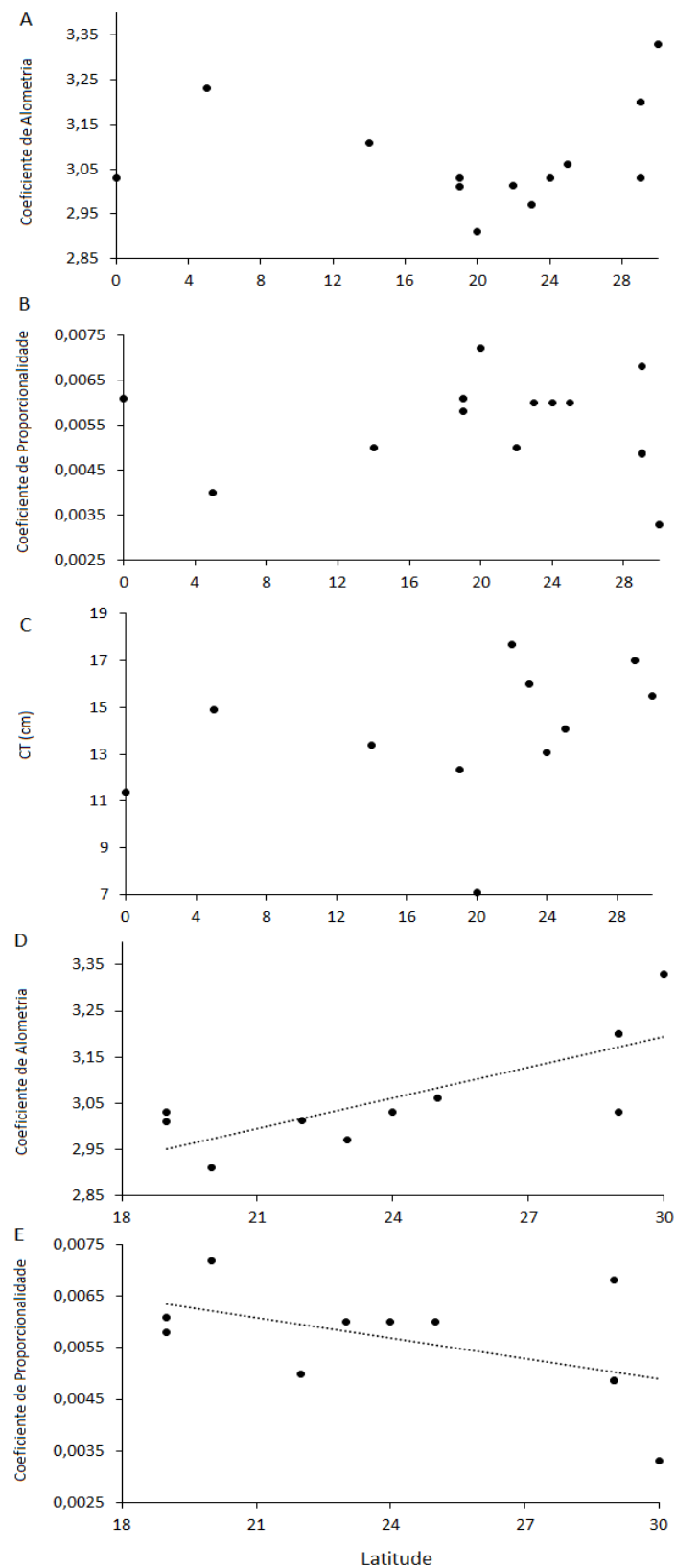


Figura 4. Coeficiente de alometria (A), proporcionalidade (B) e comprimento total máximo registrado da *A. brasiliensis* dos trabalhos compilados na tabela 4 ao longo do gradiente latitudinal da costa brasileira. Nos gráficos (D) e (E) foram plotados apenas os valores dos coeficientes de alometria e proporcionalidade entre as latitude 19°S e 30°S.

Na Figura 5 observa-se os parâmetros da equação de von Bertalanffy, não se observando nenhum padrão de variação entre esses parâmetros e a latitude (Figura 5 B e C; Tabela 4).

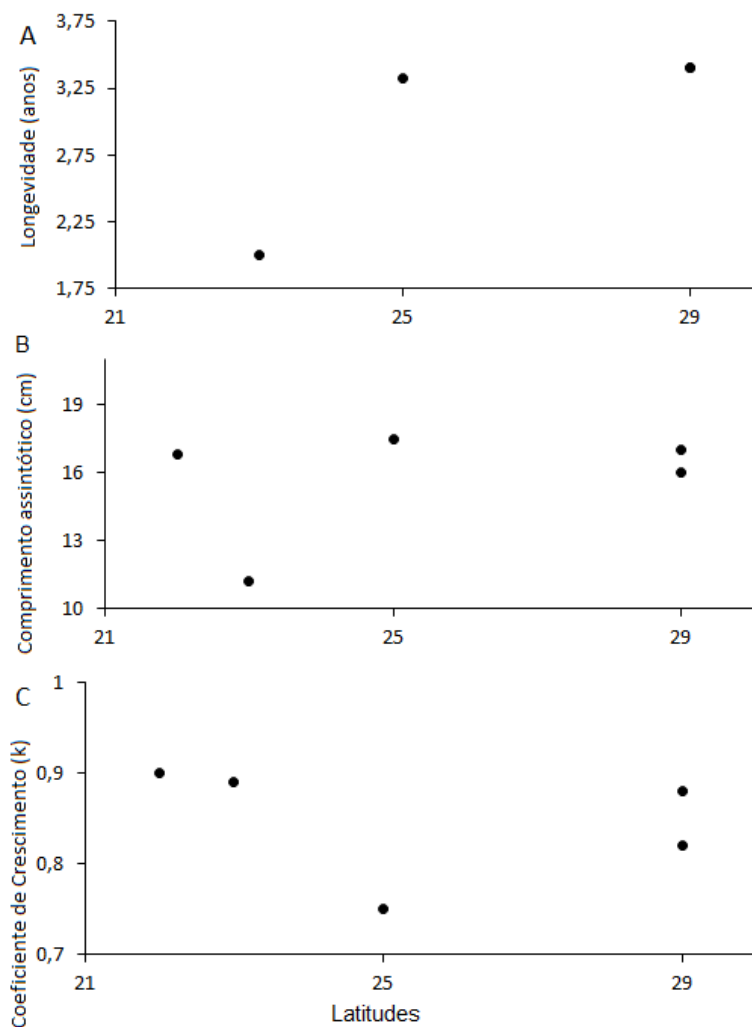


Figura 5. Variação dos parâmetros da equação de von Bertalanffy para a *A. brasiliensis* com os dados do presente trabalho, Pessanha e Araújo (2001), Neves (*et al.* 2006) e Bervian e Fontoura (2007).

Tabela 4. Valores obtidos através da regressão dos parâmetros descrito na literatura para a *A. brasiliensis* no litoral brasileiro. * Valor significativo <0,05.

Parâmetros	Latitudes	r	r ²	p
a'	19° a 30° S	0,48	0,23	0,15
b'	19° a 30° S	0,73	0,54	0,014*
a	0° a 30° S	0,0015	0,0002	0,96
b	0° a 30° S	0,0083	0,007	0,78

Ctmáx	0° a 30° S	0,33	0,11	0,34
Longevidade	0° a 30° S	0,78	0,62	0,42
k	0° a 30° S	0,27	0,07	0,065
L [∞]	0° a 30° S	0,35	0,12	0,55

DISCUSSÃO

A maioria dos trabalhos que descreveram o crescimento de *A. brasiliensis* (tabela 3) indicam, tal como no presente trabalho, um crescimento alométrico positivo. Foi também identificado uma alometria negativa para a espécie nos trabalhos de Macieira e Joyeux, (2008) e Costa, (et al. 2013).

Como os trabalhos englobam as províncias biogeográficas sob influência de águas com distintos gradientes de temperaturas ao longo do ano (tropical: latitudes menores que 19 °S, águas mais quentes com reduzida sazonalidade e a temperada: latitudes entre 19° e 30° S, águas mais amenas e com sazonalidade mais marcada) (Spalding, et al. 2007), uma ausência da sazonalidade marcada na temperatura na província tropical poderia ser a causa da ausência de uma tendência entre os coeficientes de alometria e proporcionalidade. Analisando apenas a região subtropical, onde ocorre uma progressiva redução da temperatura com o acréscimo da latitude, observa-se um aumento significativo do coeficiente de alometria influenciado pela temperatura que possivelmente interage com o crescimento da *A. brasiliensis* resultado em indivíduos maiores nas latitudes maiores.

Taylor (1959) descreve que ao longo de gradientes latitudinais, ocorre dentro da mesma espécie variação no crescimento, na longevidade e nos comprimento assintótico e comprimento total, padrão esse que pode ser visualmente observado para *A. brasiliensis* entre as latitudes 19° e 30° S (Figuras 4D, 4E, 5A). No entanto, as diferenças foram significativas apenas para o coeficiente de alometria, demonstrando que para a

espécie *A. brasiliensis* o crescimento varia entre alométrico negativo e positivo ao longo do gradiente latitudinal.

A variação dos parâmetros obtidos através da equação de von Bertalanffy entre o presente trabalho e o de Bervian e Fontoura (2007) era esperada já que, estas duas regiões apresentam diferenças na amplitude de variação da temperatura. Temperaturas médias menores na latitude 29°58' S, estariam ocasionando um crescimento mais lento, confirmado pelo maior comprimento total médio de indivíduos com 1 ano em Paranaguá (Ct = 14,2cm) em comparação a latitude 29°58' S (CT= 9,8 cm) (Bervian e Fontoura, 2007), resultando em uma maior longevidade na região mais ao sul.

A distribuição de frequência descrita para a *A. brasiliensis* no presente estudo indica o início do recrutamento em out-nov/10, similar ao observado no estuário de Santos (SP) (Paiva-Filho e Giannini, 1990), já nas Lagoas da Conceição (SC) e Tramandaí (RS) o recrutamento ocorre nos meses de verão e outono (Hostim-Silva, *et al.* 1995; Bervian e Fontoura, 2007). A diferença nos períodos de recrutamento entre a Lagoa do Tramandaí e o Complexo Estuarino de Paranaguá seria uma consequência dos distintos picos de reprodução em novembro no Rio Grande do Sul (Bervian e Fontoura, 1997) e em outubro no Paraná (Fávaro, *et al.* 2003) possivelmente uma resposta as diferentes temperaturas da água.

Diferenças no esforço amostral, números de pontos amostrais e amostrador podem ter influenciado nos tamanhos da *A. brasiliensis* capturados na região sudeste-sul brasileira. Foram utilizadas redes tipo picaré em Santos (Paiva-Filho e Giannini, 1990), no Complexo Estuarino de Paranaguá (esse trabalho) e na Lagoa do Tramandaí (Bervian e Fontoura, 2007) todas apresentaram o comprimento de 15 m. As redes utilizadas nos distintos trabalhos citados acima variaram quanto a distância entre nós e a altura da rede sendo: 5 mm entre nó e 3m de altura em Tramandaí, 5mm entre nós opostos e 1,5 m em Santos e 2,5 mm entre nós opostos e 1,5m de altura em

Paranaguá. Além disso, essas áreas foram muito diferentes o esforço amostral com 17 arrastos por mês em Paranaguá, três arrastos por mês em Santos, já na Lagoa do Tramandaí os autores não especificam um número exato de amostragem apenas citam que foi realizado um esforço variável com o intuito da captura do maior número possível de indivíduos. Apesar dessas diferenças na estratégia amostral os padrões de distribuição de frequência foram semelhantes.

A combinação de três métodos de amostragem utilizada por Hostim-Silva (*et al.* 1995) (tarrafa com 12 m de perímetro, com malha de 30 e 10 mm entre nós opostos; puçá com 5 mm de malha e 30 cm de diâmetro e arrasto de praia com rede de 2 panos, malhas de 10 e 7 mm, 9 m de comprimento e 1 m de altura) e o maior esforço amostral (27 amostras mensais) provavelmente explica a presença dos adultos e juvenis durante todo o período amostrado, diferentemente de Paiva-Filho e Giannini (1990) que capturou em períodos distintos adultos e recrutas. Mesmo com reduzido esforço amostral em relação ao de Hostim-Silva (*et al.* 1995) o presente trabalho e o de Bervian e Fontoura (2007) também encontraram adultos e juvenis coexistindo nas áreas amostradas ao longo do ano.

Através deste e dos outros trabalhos citados no presente trabalho conclui-se que a *A. brasiliensis* tem todo seu ciclo de vida em sistemas estuarinos e costeiros, com crescimento variando entre alométrico positivo e negativo ao longo da costa brasileira.

AGRADECIMENTOS

Os autores desejam agradecer a CAPES pela bolsa de mestrado concedida para Barbara Maichak de Carvalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BECKER, F. G. BRUSCHI JR., W. and PERET, A. C. 2003. Age and growth of three *Odontesthes* species from southern Brazil (*Atherinopsidae*), with reference to phylogenetic constraints in their life-history. *Braz. J. Biol.*, vol. 63, n.4, p. 567-578.

- BERVIAN, G. and FONTOURA, N. F. 1997. Reprodução de *Atherinella brasiliensis* no estuário do rio Tramandaí, Imbé, Rio Grande do Sul, Brasil (Teleostei, Atherinopsidae). *Biociências*, v.5, n.2, p.19-32.
- BERVIAN, G. and FONTOURA, F. N. 2007. Growth of the Silverside *Atherinella brasiliensis* in Tramandaí Estuary, Southern Brazil (Actinopterygii: Atherinopsidae). *Neotropical Ichthyology*, vol 5, n. 4, p. 485-490.
- BRIAN, S. and DYER, H. 2006. Systematic revision of the South American silversides (Teleostei, Atheriniformes). *BIOCELL*, vol. 30, n.1, p. 69-88.
- CHAVES, P. T. and VENDEL, A. L. 2008. Análise comparativa da alimentação de peixes (Teleostei) entre ambientes de marisma e de manguezal num estuário do sul do Brasil (Baía de Guaratuba, Paraná). *Revista Brasileira de Zoologia*, vol 25, n.1, p. 0–15.
- COSTA, M. R.; PEREIRA, H. H.; NEVES, L. M. and ARAÚJO, F. G. 2013. Length–weight relationships of 23 fish species from Southeastern Brazil. *J. Appl. Ichthyol.*, technical contribution, p. 1-3.
- DEL RÍO, V.; ROSAS, J.; VELÁSQUEZ, A. & CABRERA, T. 2005. Desarrollo embrionario larval y tiempo de metamorfosis del pez tropical *Xenomelaniris brasiliensis* (Pisces: Atherinidae). *Revista de Biología Tropical*, vol.53 n3-4.
- FÁVARO, L.F., LOPES, S. DE C. G. e SPACH, H. L. 2003. Reprodução do peixe-rei, *Atherinella brasiliensis* (Quoy & Gaimard) (Atheriniformes, Atherinidae), em uma planície de maré adjacente à gamboa do Bagaçu, Baía de Paranaguá, Paraná, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia*, vol.20, p.501–506.
- FÁVARO, L. F.; ELTON C. de OLIVEIRA e NELSY FENERICH, V. 2007. Estrutura da população e aspectos reprodutivos do peixe - rei *Atherinella brasiliensis* (Quoy & Gaimard) (Atheriniformes, Atherinopsidae) em áreas rasas do Complexo Estuarino de Paranaguá, Paraná, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia*, vol. 24, n.4, p. 1150 -1156.
- FONTOURA, N. F. and AGOSTINHO, A. A. 1996. Growth with seasonally varying temperatures: an expansion of the von Bertalanffy growth model. *Journal of Fish Biology*, vol.48, p. 569–584.
- FRANCO, T. P.; ARAÚJO, C. E.O. and ARAÚJO, F. G. 2013. Length–weight relationships for 25 fish species from three coastal lagoons in Southeastern Brazil. *J. Appl. Ichthyol.*, technical contribution, p. 1-3.
- FREIRE, K. M. F.; NASCIMENTO, F. P.; ROSÁRIO, L. M. O.; ROCHA, G. R. A.; ALVES, G. A. and LINS-OLIVEIRA, J. E. 2012. Characterization of some biological aspects of *Atherinella brasiliensis* caught during sport fishing tournaments: a case study from Northeastern Brazil. *Bol. Inst. Pesca*, vol. 38, n. 2, p. 171 – 180.
- FROESE, R. 2006. Cube law, condition factor and weight–length relationships: history, meta-analysis and recommendations. *J. Appl. Ichthyol.*, vol. 22, p. 241–253.
- FROESE, R. and PAULY, D. Editors. 2013. FishBase. World Wide Web electronic publication. <www.fishbase.org>, version (03/2013).
- GIACOMINI, H. C. e SHUTER, B. J. 2013. Adaptive responses of energy storage and fish life histories to climatic gradients. *Journal of Theoretical Biology*, in press.
- GIARRIZZO, T.; SILVA DE JESUS, A. J.; LAMEIRA, E. C.; ARAUJO DE ALMEIDA, J. B.; ISAAC, V. and SAINT-PAUL, U. 2006. Weight-length relationships for intertidal fish fauna in a mangrove estuary in Northern Brazil. *J. Appl. Ichthyol.*, vol. 22, p. 325–327.
- GONÇALVES, P. L. and N. F. FONTOURA. 1999. Dinâmica populacional de *Palaemonetes argentinus* na lagoa Fortaleza, Rio Grande do Sul, Brasil (Decapoda, Palaemonidae); *Iheringia, Série Zoologia*, vol.86, p. 171-186.

- HAIMOVICI, M. and VELASCO, G. 2000. Length weight relationships of marine bony fishes from Southern Brazil. *Naga, Filipinas*, vol.23, n.1, p. 19-23.
- HOSTIM-SILVA-SILVA, M., L. CLEZAR, G. C. RIBEIRO e C. MACHADO 1995. Estrutura populacional de *Xenomelaniris brasiliensis* (Quoy&Gaimard, 1824) na Lagoa da Conceição, SC. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, vol.38, n.3, p. 949-960.
- HUXLEY, J. S. 1924. Constant differential growth-ratios and their significance. *Nature*, vol. 14, p. 896–897.
- MACIEIRA, R. M. and JOYEUX, J. C. 2008. Length–weight relationships for rockpool fishes in Brazil. *J. Appl. Ichthyol. Short communication*, p. 1 – 2.
- MATTOX, G.M.T.; GONDOLO, G.F. e CUNNINGHAM, P.T.M. 2008. *Atherinella blackburni* (Schultz, 1949) at Itamambuca Beach, Ubatuba, SP: ecological characterization and distribution on the Brazilian coast (Teleostei: Atheriniformes: Atherinopsidae). *Braz. J. Biol.*, vol. 68, n. 2, p. 307-313.
- MAZZEI, E.; JOYEUX, J.C. and SIMON, T. 2011. Length–weight relationships for juvenile and small-sized adult fishes of the surf zone. *J. Appl. Ichthyol.*, vol.27, p. 1137–1138.
- MENEZES, N. A. and FIGUEIREDO, J. L. 2000. Manual de peixe marinhos do sudeste do Brasil Teleostei. Museu de Zoologia, Universidade de São Paulo p. 71- 75.
- NEVES, M. L.; PEREIRA, H. H.; COSTA, R. M and ARAUJO, G. F. 2006. Uso do manguezal de Guaratuba, Baía de Sepetiba, Rio de Janeiro, pelo peixe-rei *Atherinella brasiliensis* (Quoy&Gaimard) (Atheriniformes, Atherinopsidae). *Revista Brasileira de Zoologia*, vol. 23, n.2, p. 421-428.
- PASSOS, A. C.; CONTENTE, R. F.; ARAUJO, C. C. V.; DAROS, F. A. L. M.; SPACH, H. L.; ABILHOA, V. and FÁVARO, L. F. 2012. Fishes of Paranaguá Estuarine Complex, South West Atlantic. *Biota Neotropica*, vol.12, n.3, p. 227-241.
- PAIVA FILHO, A. M. and GIANNINI, R. 1990. Contribuição ao conhecimento da biologia do peixe-rei, *Xenomelaniris brasiliensis* (Quoy&Gaimard, 1824) (Atherinidae), no complexo baía-estúário de Santos e São Vicente, Brasil. *Bol Inst. Oceanogr.*, vol.38, n. 1, p. 1-9.
- PAULY, D. 1980. On the interrelationships between mortality growth parameters and mean environmental temperature in 175 fish stock. *Journal du Conseil International pour L'Exploration de la mer*, vol.39, n.3, p. 175 – 192.
- PECK, M. A.; REGLERO, P.; TAKAHASKI, M. and CATALÁN, I. A. 2013. Life cycle ecophysiology of small pelagic fish and climate-driven changes in populations. *Progress in Oceanography*, vol. 116, p. 220–245.
- PESSANHA, A. L. M. e ARAÚJO, F. G. 2001. Recrutamento do peixe-rei, *Atherinella brasiliensis* (Quoy&Gaimard) (Atheriniformes, Atherinopsidae), na margem continental da Baía de Sepetiba, Rio de Janeiro, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia*, vol. 18, n.4, p. 1265 – 1274.
- RAMOS, L. A. e VIEIRA, J. P. 2001. Composição específica e abundância de peixes de zonas rasas dos cinco estuários do Rio Grande do Sul, Brasil. *Boletim do Instituto de Pesca*, vol. 27, n.1, p. 109 – 121.
- SPALDING, M. D.; FOX, H. E.; ALLEN, G. R.; DAVIDSON, N.; FERDÁÑA, Z. A.; FINLAYSON, M.; HALPERN, B. S.; JORGE, M. A.; LOMBANA, A.; LOURIE, S. A.; MARTIN, K. D.; MCMANUS, E.; MOLNAR, J.; RECCHIA, C. A. and ROBERTSON, J. 2007. Marine Ecoregions of the World: A Bioregionalization of Coastal and Shelf Areas. *BioScience*, vol.57, n.7, p. 573 – 584.

TAYLOR, C. C. 1959. Growth equations with metabolic parameters. Journal du Conseil Permanent International pour l'exploration de la Mer, vol. 27, n.3, p. 270-286.

4. CAPÍTULO II

Crescimento relativo da *Anchoa tricolor* (Spix & Agassiz, 1829) em um estuário subtropical do Brasil

Revista pretendida: Neotropical Ichthyology, ISSN 1982-0224, Fator de impacto (JCR, 2012) = 0,26, Qualis CAPES = B1

Carvalho, B. M.¹; Fontoura, N. F.² & Spach, H. L.¹

¹ Programa de Pós – Graduação de Sistema Costeiro e Oceânicos, UFPR
bmaicarvalho@gmail.com

² Instituto de Biociências, PUCRS, Av. Ipiranga 6681, CEP 90619-900, Porto Alegre

RESUMO

Nas áreas interditais do Complexo Estuarino de Paranaguá foram capturados 10.009 indivíduos de *Anchoa tricolor* com comprimento total médio de 42 ($\pm 14,5$) mm durante o período de agosto de 2010 a julho de 2011. A relação peso/comprimento da espécie para sexos agrupados foi descrita pela equação $W = 0,00000142 \cdot Ct^{3,34}$ demonstrando que a espécie tem crescimento alométrico positivo. Através do teste de Mann-Whitney que identificou-se diferença significativa nos coeficientes de alometria e proporcionalidade de machos e fêmeas, não ocorrendo diferença entre os sexos e os indivíduos indeterminados. A distribuição de frequência do comprimento total mostra a captura de adultos apenas em outubro, novembro, maio e junho, com o recrutamento acontecendo em fevereiro e março, estes considerados jovens do ano. O ajuste do modelo de von Bertalanffy estimou que o comprimento assintótico da espécie é de 110 mm com um coeficiente de crescimento (k) estimado em 1,65 e longevidade (A_{95}) de 1,8 anos.

Palavras chaves: Engraulidae, região intertidal, longevidade e relação peso/comprimento.

On the intertidal areas of Estuarine Complex of Paranaguá were captured 10.009 specimens of *Anchoa tricolor* with total mean length of 42 (± 14.5) mm from August/2010 to July/2011. The species weight/length rate for grouped genders was described by the equation $W = 0.00000142 \cdot Ct^{3.34}$ (length in millimeters; weight in grams) showing that the species has a positive allometric growth. Through Mann-Whitney test, it was identified a significative difference on allometry coefficients and male/female proportionality but not for the genders difference and among the undetermined

specimens. The total growth frequencies distribution shows an adult catch only in October, November, May and June, with the recruitment occurring in February and March. The adjusted von Bertalanffy model estimated the asymptotic length for the species in 1.65 and a longevity (A_{95}) of 1.8 years.

Key words: Engraulidae, intertidal regions, longevity and relationship weight / length

INTRODUÇÃO

A família Engraulidae, composta por 16 gêneros e 139 espécies, é formada por peixes pelágicos de pequeno porte comumente chamados de manjubas, que habitam as áreas costeiras e estuários das zonas tropicais e subtropicais (Whitehead, *et al.* 1988). Os engraulídeos são considerados um importante elo da teia trófica aquática já que eles transferem energia do plâncton para os níveis tróficos superiores.

As espécies pertencentes ao gênero *Anchoa* se distribuem entre os oceanos Pacífico e Atlântico. No gênero *Anchoa* o comprimento total, o coeficiente de crescimento (K), o comprimento teórico (L_{∞}) e a longevidade são diferentes entre as espécies. Os parâmetros de crescimento K e L_{∞} variam entre 0,21 a 2,8 e 62 mm e 253 mm respectivamente, com medianas de 1,36 para o K e 110 mm para o L_{∞} . O comprimento total apresentou uma amplitude entre 58 e 240 mm com mediana de 100mm e a longevidade variou entre 1 e 13,3 anos com mediana de 2,1 anos (Tabela 1).

Tabela1. Parâmetros de crescimento, longevidade, e ocorrência do gênero *Anchoa*. Dados compilados do Fishbase (Froese&Pauly, 2013) usando apenas espécies com dados de crescimento.

Espécie	CT máx. (mm)	K	L_{∞} (mm)	Longevidade (anos)	Ocorrência
<i>A. analis</i>	100	1,8	100,7	2,4	Eastern Pacific
<i>A. argentivittata</i>	100	1,18	107	2,4	Eastern Pacific
<i>A. belizensis</i>	58	1,96	62	1,4	Central América
<i>A. cayorum</i>	110	1,3	117	2,1	Western Central Atlantic
<i>A. chamensis</i>	60	1,9	65	1,5	Eastern Central Pacific
<i>A. choerostoma</i>	75	1,55	80	1,8	Western Central Atlantic
<i>A. colonensis</i>	140	1,04	149	2,7	Western Central Atlantic
<i>A. compressa</i>	130	0,91	141	3,1	Eastern Central Pacific
<i>A. cubana</i>	100	1,42	107	2,0	Western Atlantic
<i>A. curta</i>	64	1,79	69	1,5	Eastern Pacific
<i>A. delicatissima</i>	80	1,46	86	1,9	Eastern Central Pacific

<i>A. eigenmannia</i>	80	1,75	86	1,6	Eastern Central Pacific
<i>A. exigua</i>	60	1,9	65	1,5	Eastern Pacific
<i>A. filifera</i>	120	1,20	128	2,3	Western Atlantic
<i>A. helleri</i>	85	1,36	91	2	Eastern Central Pacific
<i>A. hepsetus</i>	153	0,96	162	2,9	Western Atlantic
<i>A. ischana</i>	120	1	128	2,8	Eastern Central Pacific
<i>A. januaria</i>	75	1,86	80	1,5	Southwest Atlantic
<i>A. lamprotaenia</i>	120	1,20	128	2,3	Western Central Atlantic
<i>A. lucida</i>	132	0,92	140	3,1	Eastern Central Pacific
<i>A. lyolepis</i>	120	1,2	128	2,3	Western Atlantic
<i>A. marinii</i>	140	0,87	149	3,2	Southwest Atlantic
<i>A. mitchilli</i>	100	0,60	110	4,6	Western Atlantic
<i>A. mundeola</i>	125	0,21	160	13,3	Eastern Central Pacific
<i>A. mundeoloides</i>	120	1	128	2,8	Eastern Central Pacific
<i>A. nasus</i>	60	1,78	86	1,6	Eastern Pacific
<i>A. panamensis</i>	125	2,79	114	1	Eastern Central Pacific
<i>A. parva</i>	60	1,9	65	1,5	Western Central Atlantic
<i>A. pectoralis</i>	68	1,69	73	1,6	Southwest Atlantic
<i>A. scofieldi</i>	62	1,84	67	1,5	Eastern Central Pacific
<i>A. spinifer</i>	240	0,63	253	4,5	Western Atlantic
<i>A. starksi</i>	77	1,51	82	1,8	Eastern Pacific
<i>A. tricolor</i>	118	1,22	126	2,3	Southwest Atlantic
<i>A. trinitatis</i>	140	1,04	149	2,7	Western Central Atlantic
<i>A. walkeri</i>	120	2,8	128	1	Eastern Central Pacific

Diversas espécies desta família ocorrem ao longo do litoral brasileiro (Barletta, *et al.* 2010). O gênero *Anchoa* foi citado como presa de diversos vertebrados como o golfinho *Sotalia fluviatilis*, do trinta-réis *Sterna hirundo*, da corvina *Micropogonias furnieri* e do peixe-espada *Trichiurus lepturus* (Santos *et al.* 2002; Bugoni & Vooren, 2004; Giberto, *et al.* 2007; Bittar, *et al.* 2008). A espécie *Anchoa tricolor* (Spix & Agassiz, 1829) é muito abundante ao longo da costa brasileira, com ocorrência entre a região nordeste brasileira (03°40' S) e Mar del Plata na Argentina (37°58' S) (Froese & Pauly, 2013). Esta espécie, apesar do seu reduzido tamanho, é alvo da pesca artesanal nos estados do Rio de Janeiro, São Paulo e Paraná (Silva & Araújo, 2003; Cardoso & Nordin, 2006) sendo consumida pelas populações ribeirinhas ou utilizada como isca viva nos barcos atuneiros (Dos Santos & Rodrigues-Ribeiro, 2000), sendo também capturada

incidentalmente pela frota camaroneira (Graça Lopes, *et al.* 2002; Souza & Chaves, 2007).

A *A. tricolor* é classificada como uma espécie marinha migrante ou estuarina migrante (Araújo, *et al.* 2008b; Vilar, *et al.* 2011) não ultrapassando 118 mm de comprimento total e 2,3 anos de longevidade (Froese & Pauly, 2013). Esta espécie apresenta crescimento isométrico (Vaz-Dos-Santos & Rossi-Wongtschowski, 2013; Franco *et al.* 2013). Com período reprodutivo entre setembro e fevereiro (Araújo, *et al.* 2008b). Poucos estudos direcionados ao uso dos estuários por esta espécie foram realizados, tendo sido registrado na Baía de Sepetiba e no Complexo Estuarino de Paranaguá a presença exclusiva de juvenis e jovens do ano, com ocorrência de adultos em praias expostas fora da Baía de Sepetiba (Araújo, *et al.* 2008a, Contente, *et al.* 2011). A distribuição espaço-temporal desta espécie parece ser influenciada pela salinidade e temperatura (Pessanha & Araújo, 2003; Silva, *et al.* 2004). O presente estudo teve como objetivos a descrição do crescimento relativo, relação peso/comprimento e a longevidade de *A. tricolor* dentro do Complexo Estuarino de Paranaguá (CEP), informações inexistentes para a espécie nessa região.

MATERIAIS E METÓDOS

As coletas foram realizadas entre agosto de 2010 e julho de 2011 em 17 pontos do eixo norte-sul do CEP, Paraná (25° 15' - 25° 35' S e 48° 20' - 48° 45' O). Em cada mês, foi realizado um arrasto por ponto com extensão de 30 m, até aproximadamente 1,5 m de profundidade, utilizando uma rede de arrasto do tipo “picaré” com 15 m de comprimento, 2 m de altura e malha com 2,5 mm entre nós opostos. Após a captura os indivíduos foram resfriados, identificados (Pinheiro, *et al.* 1994; Menezes & Figueiredo, 2000) e mesurados quanto ao comprimento total (Ct em mm) e pesados (P em g).

Para o estudo do crescimento, foi estimada a relação peso/comprimento como descrito por Froese (2006), através da função alométrica $W = a \cdot Ct^b$. Onde: W é o peso dos indivíduos, Ct o comprimento total, a é o coeficiente de proporcionalidade e b o coeficiente alometria. Os parâmetros da equação foram estimados pelo algoritmo de Levenberg – Marquardt usando o SPSS 17.0 baseado nos dados de 8928 indivíduos de sexo indeterminado, 395 machos e 685 fêmeas. Considerando a hipótese inicial de não há diferença entre os sexos, uma única função alométrica foi aplicada a todos os dados

(machos, fêmeas e sexo indeterminado), sendo os valores dos resíduos comparados através do Teste Mann–Whiney para identificar possíveis diferenças entre os sexos.

Foram plotadas as distribuições de frequência do comprimento total por mês, mês em que foi estimada a média para cada grupo. A partir da distribuição de frequência foi possível verificar a progressão modal do comprimento total da espécie no período amostral, considerando o período de reprodução na primavera e o recrutamento no verão (Araújo, et al. 2008b), com os indivíduos de fevereiro sendo considerados jovens do ano com a idade zero. Foi realizado um teste t para identificar diferenças no comprimento total de machos e fêmeas entre outubro e dezembro.

A relação entre o comprimento e a idade (curva de crescimento) foi obtida através do ajuste da expressão matemática de von Bertalanffy (1938) $L_t = L_\infty [1 - e^{-K(t-t_0)}]$, onde: L_t é o comprimento total (mm) na idade t , L_∞ o comprimento assintótico, k a taxa instantânea de crescimento e t_0 a idade em que os peixes têm um comprimento teórico igual a zero. A identificação da longevidade da espécie no CEP foi estimada através da equação de Taylor (1959) sendo $A = -2,96/k$ o tempo que o peixe leva para atingir 95% do L_∞ .

RESULTADOS

Não foram capturados indivíduos de *A. tricolor* nos meses de agosto/setembro de 2010. Foram capturados 10.009 indivíduos de *A. tricolor* com comprimento total variando entre 22 e 85 mm, comprimento médio e desvio padrão de 42 ($\pm 14,5$) mm e peso médio e desvio padrão de 0,60 ($\pm 0,72$). Através do ajuste da relação peso/comprimento com os sexos agrupados estimou-se os parâmetros de crescimento indicando que a espécie tem crescimento alométrico positivo ($a = 0,0000142$ e $b = 3,34$) (Figura 1).

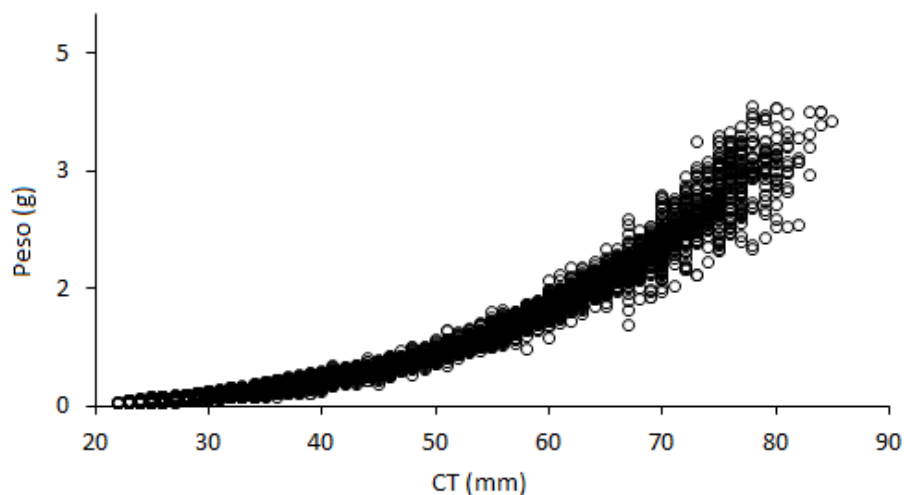


Figura 1. A) Relação Peso/Comprimento da *A. tricolor* no Complexo Estuarino de Paranaguá, Paraná.

O teste de Mann-Whitney identificou diferença significativa entre os parâmetros de crescimento de machos e fêmeas ($p = 0,0017$), o mesmo não tendo sido observado entre indeterminados e machos ($p = 0,060$) e entre indeterminados e fêmeas ($p = 0,360$). O ajuste da relação dos sexos separados resultou em diferentes coeficientes de alometria e proporcionalidade (Tabela2).

Tabela 2. Parâmetros estimados para a relação peso/comprimento de *A. tricolor* no Complexo Estuarino de Paranaguá, Paraná (a= coeficiente de proporcionalidade e b= coeficiente de alometria).

Parâmetros	Fêmeas	Indeterminados	Machos
a	0,00000416	0,00000186	0,00000173
b	3,08976560	3,27768132	3,30426614

O ajuste para os indivíduos indeterminados foi realizado entre os 35 e 65 mm, os indivíduos inferiores a 35 mm foram excluídos da análise devido a erro embutido na mensuração destes possivelmente ocasionado pelo artefato de mensuração (Figura 2). Na figura 2A observa-se a distribuição de resíduos proporcionais em nuvem homocedástica e sem padrões de tendência, indicando adequação do modelo ajustado para os indeterminados, a figura 2B da distribuição dos resíduos dos machos demonstra uma maior concentração dos pontos acima de 60 mm com poucos indivíduos menores que 60 mm, já na figura 2C o resíduo proporcional das fêmeas demonstra os pontos dispersos por todo o eixo com concentração acima de 60mm.

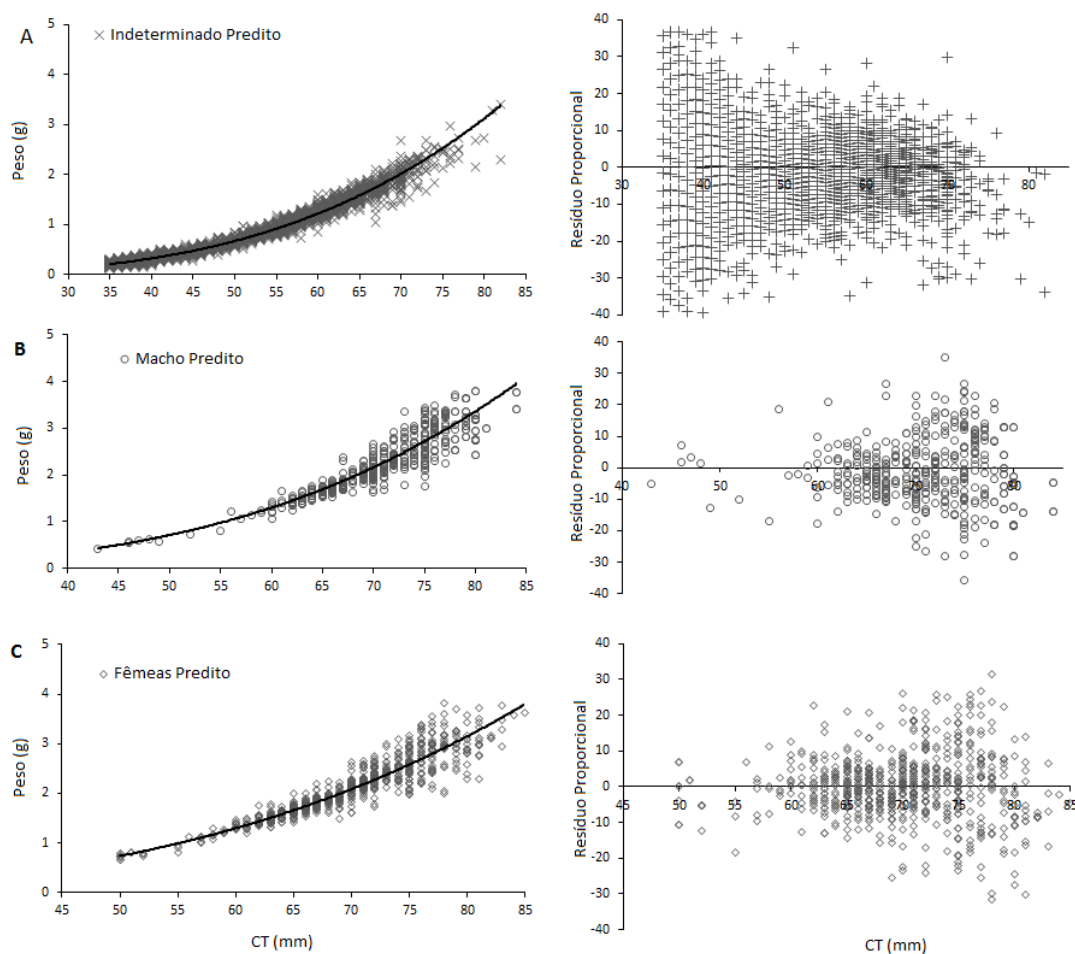


Figura 2. Relação Peso/Comprimento da *A. tricolor* separado por sexo sendo: A) Fêmeas, B) Indeterminados (o quadrado na imagem chama a atenção para a mudança de padrão provavelmente ocasionada pelo início da maturação) e C) Machos no Complexo Estuarino de Paranaguá, Paraná.

A distribuição de frequência da *A. tricolor* demonstra uma variação do comprimento da população ao longo do período amostrado na região intertidal do CEP. Entretanto nos meses de agosto e setembro não ocorreram a captura da espécie nos ambientes interditais.

Nos meses de outubro e novembro ocorreu a predominância de indivíduos adultos, o comprimento total dos sexos entre estes meses demonstrou significância para as fêmeas ($p = 0,0063$ e $t = 2,76$) não ocorrendo o mesmo para os machos ($p = 0,062$ e $t = 1,87$) indicando um crescimento das fêmeas entre os dois meses amostrados. Em novembro ocorreram dois grupos etários, o primeiro representado por indivíduos recrutas com média do comprimento total de 38 mm ($\pm 1,9$ mm, $n = 98$) tendo no segundo grupo etário indivíduos adultos com média de 74mm ($\pm 2,8$ mm, $n = 74$) (Figura 3).

Em agosto e setembro não foram registrados indivíduos da espécie na região estuarina. Em outubro identifica-se o aparecimento de indivíduos adultos, os quais permanecem até novembro e desaparecem. Os jovens são recrutados em novembro, sugerindo que a reprodução é sincronizada com o aparecimento de adultos no estuário (nas águas rasa, pelo menos). Aparentemente, o período reprodutivo é longo, pois mesmo sem adultos nas capturas, ocorre o recrutamento contínuo de animais nas classes de 25-35 mm até o mês de março. A inexistência de deslocamento modal neste período deve-se a uma conjunção do efeito contínuo do recrutamento com altas taxas de mortalidade. Em abril, o início do deslocamento modal sugere que encerrou-se o recrutamento, sugerindo final de período reprodutivo, onde identifica-se o crescimento em taxas aproximadas de 10mm por mês (Figura 3).

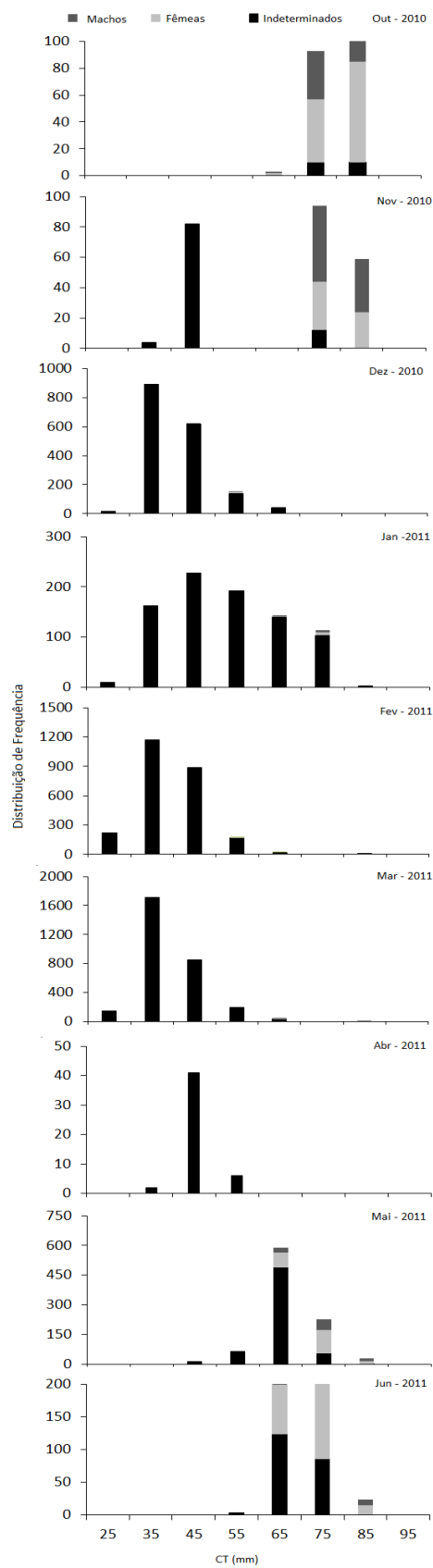


Figura 3. Distribuição de frequência de *A. tricolor* no Complexo Estuarino de Paranaguá, Paraná.

Através do ajuste da expressão matemática de von Bertalanffy foram estimados os parâmetros da curva de crescimento ocorrendo principalmente indivíduos entre 0,08 e 0,32 anos, com um crescimento assintótico (L_{∞}) em 110 mm, coeficiente de crescimento (k) de 1,65 e o t_0 em -0,215 (Figura 4 e Tabela 3), enquanto que a longevidade estimada através de equação de Taylor (1959) foi de 1,8 anos.

Tabela 3. Parâmetros estimados da equação de von Bertalanffy de *A. tricolor* considerando o L_{∞} do modelo 110 mm (coeficiente de crescimento k ; idade em que os peixes têm um comprimento teórico igual a zero t_0 e crescimento assintótico L_{∞}).

Parâmetros	Estimado	Erro Padrão	I.C. 95%
k	1,655	0,060	1,538 e 1,772
t_0	-0,215	0,005	-0,224 e -0,205
L_{∞}	103,5	1,708	100,162 e 106,859

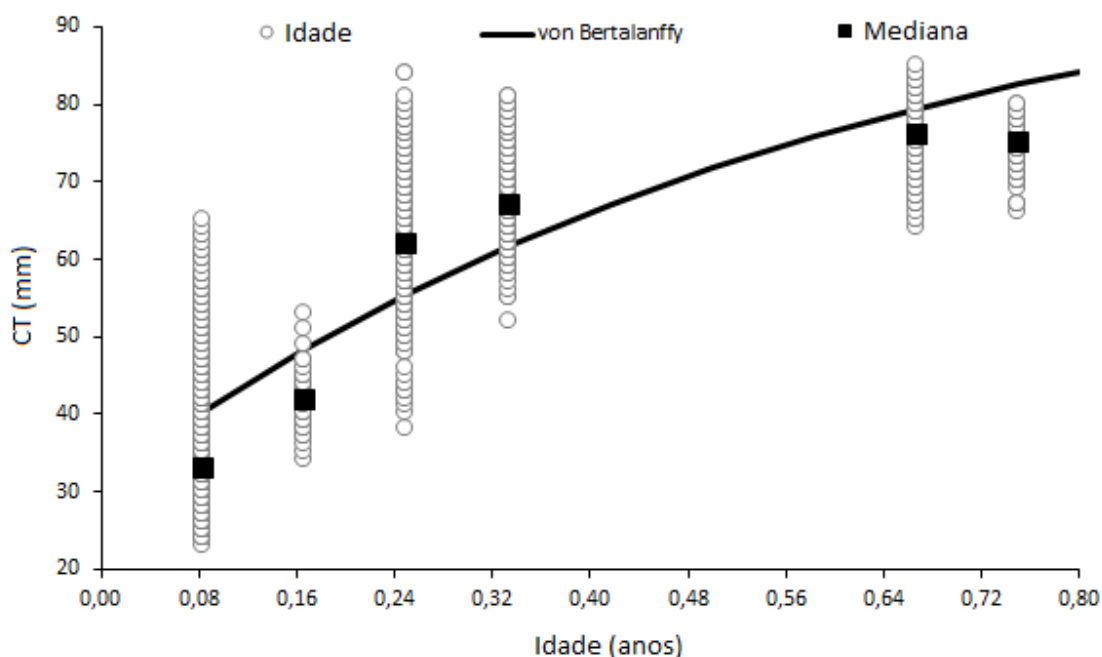


Figura 4. Curva de crescimento segundo modelo de von Bertalanffy para *A. tricolor* no Complexo Estuarino de Paranaguá, Paraná.

DISCUSSÃO

No presente trabalho os valores da relação peso/comprimento indicam que esta espécie tem crescimento alométrico, diferentemente dos resultados obtidos por Vaz-Dos-Santos & Rossi – Wongtschowski (2013) ($n=218$; $a=0,0000054$ e $b=3,043$) e por Franco (*et al.* 2013) ($n=13$; $a=0,007$ e $b=3,016$) diferenças que podem estar associadas ao número de indivíduos utilizados e as condições ambientais. Além disso, o coeficiente de

alometria estimado no presente trabalho (3,34) está acima dos limites presentes no Fishbase (2,92-3,26).

Poucos trabalhos relatam a relação peso/comprimento de espécies pertencente ao gênero *Anchoa* na costa brasileira sendo: *A. marinii* $a=0,0000176$ e $b=3,22$ (Haimovici & Velasco, 2000), *A. hepsetusa* $a=0,0060$ e $b=3,09$ (Giarrizzo, *et al.* 2006) e *A. parva* $a=0,000052$ e $b=3,19$ (Joyeux, *et al.* 2008), *A. hepsetus* $a=0,0058$ e $b=3,48$ (Joyeux, *et al.* 2008) e a *A. januaria* $a=0,0010$ e $b=3,016$ (Franco, *et al.* 2013). Em comparação com os dados da *A. tricolor* observa-se que a alometria positiva é uma característica comum deste gênero no litoral brasileiro.

Os dados de crescimento e longevidade obtidos neste trabalho mostram um comprimento assintótico e uma expectativa de vida menores do que os citados para a espécie pelo Fishbase (Froese & Pauly, 2013) (Tabela 1). A comparação entre as espécies do gênero *Anchoa* que coabitam no CEP demonstra maior comprimento assintótico e longevidade para *A. tricolor* em relação a *A. januaria* e *A. parva* (Froese & Pauly, 2013).

Os resultados mostram que a *A. tricolor* não utiliza as áreas interditaiss o ano todo como também observado por outros estudos (Araújo, *et al.* 2008; Ignácio & Spach, 2009; Vasconcellos, *et al.* 2010 e Favero & Dias, 2013). A predominância dos indivíduos imaturos capturado na região intertidal do CEP indica que essa espécie usa os ambientes rasos para alimentação e crescimento durante o seu recrutamento, tal como observado por Silva & Araújo (2000), Silva (*et al.* 2004) e Felix (*et al.* 2006). No presente trabalho observou-se entre dezembro/ março a entrada de jovens do ano na área amostrada, fato também registrado por Spach (*et al.* 2004) em áreas rasas do CEP e por Silva (*et al.* 2004) na Baía de Sepetiba (RJ).

Araújo (*et al.* 2008) sugere que a *A. tricolor* desova na costa do Rio de Janeiro na plataforma interna rasa durante o final do inverno e início da primavera, ocorrendo provavelmente o mesmo na costa paranaense, já que, Koblitz (1990) relata um elevado número de larvas presentes nesse período no CEP. A presença dos jovens do ano nas áreas rasas do CEP durante o verão sugere que larvas e pós-larvas desta espécie sejam transportadas pela corrente de deriva ao longo da plataforma interna ingressando no sistema estuarino com auxílio das correntes de maré de enchente. O CEP seria utilizado por esta espécie para o crescimento durante o verão, já que, neste período ocorre um

aumento da produtividade primária devido as condições eutróficas do sistema (Lana, *et al.*, 2001).

No trabalho de Felix (*et al.* 2006) a presença dos indivíduos adultos concentrou-se apenas no mês de outubro distinto do presente trabalho que capturou adultos em outubro, novembro, maio e junho. O reduzido número de indivíduos adultos capturados no presente trabalho (n= 1075) indica que os adultos utilizam as áreas rasas do CEP por curtos períodos, diferentemente do que ocorre nas espécies *A. januaria* (Esper, 1982) e *A. mitchilli* (Becker, *et al.* 2003). A menor presença de adultos de *A. tricolor* em comparação aos juvenis, sugere que os indivíduos adultos desta espécie habitam preferencialmente a plataforma interna rasa realizando pequenas migrações para os sistemas estuarinos adjacentes ou estejam colonizando as áreas mais profundas do CEP (Souza & Chaves, 2007; Araújo, *et al.* 2008; Hackrad, *et al.* 2009).

A partir dos dados obtidos no presente trabalho observa-se a importância das regiões intertidais para o recrutamento da *A. tricolor* facilitando assim entender a conectividade entre a plataforma interna adjacente e os estuários. A proteção dos ambientes intertidais do CEP é de suma importância para o manejo dessa espécie que auxilia nos controles ecológicos bottom-up e top-down dos ecossistemas estuarinos e costeiros adjacentes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARAUJO, F. G., SILVA, M. A., SANTOS, J. N.S. & VASCONCELLOS, R. M. 2008a. Habitat selection by anchovies (Clupeiformes: Engraulidae) in a tropical bay at Southeastern Brazil. *Neotropical Ichthyology*, 6 (4): 583-590.
- ARAÚJO, F.G.; SILVA, M. A.; AZEVEDO, M.C.C. & SANTOS, J.N.S. 2008b. Spawning season, recruitment and early life distribution of *Anchoa tricolor* (Spix and Agassiz, 1829) in a tropical bay in southeastern Brazil. *Braz. J. Biol.*, 68 (4):823-829.
- BARLETTA, M.; SAINT-PAUL, U.; AMARAL, C. S.; CORRÊA, M. F. M.; GUEBERT, F.; DANTAS, D. V. and LORENZI, L. 2008. Factors affecting seasonal variations in fish assemblages at an ecocline in a tropical-subtropical mangrove fringed estuary. *Journal of Fish Biology*, 73:1314–1336.
- BARLLETA, M.; A. J. JAUREGUIZAR; C. BAIGUN; N. F. FONTOURA; A. A. AGOSTINHO; V. M. F. ALMEIDA-VAL; A. L. VAL; R. A. TORRES; L. F. JIMENES-SEGURA; T. GIARRIZZO; N. N. FABRE; V. S. BATISTA; C. LASSO; D. C. TAPHORN; M. F. COSTA; P. T. CHAVES; J. P. VIEIRA & M. F. M. CORREA. 2010. Fish and aquatic habitat conservation in South America: a continental overview with emphasis on neotropical systems. *Journal of Fish Biology*, 76:2118–2176.

- BECK, M. W.; JR. K. L.; ABLE, K. W.; CHILDERS, D. L.; EGGLESTON, D. B.; GILLANDERS, B. M.; HALPERN, B. S.; HAYS, C. G.; HOSHINO, K.; MINELLO, T. J.; ORTH, R. J.; SHERIDAN, P. F. & WEINSTEIN, M. P. 2003. The Role of Nearshore Ecosystems as Fish and Shellfish Nurseries. *Ecological Society of America*, 11:1-14.
- BITTAR, V. T.; CASTELLO, B. F. L. & Di BENEDITTO, A. P.M. 2008. Hábito alimentar do peixe-espada adulto, *Trichiurus lepturus*, na costa norte do Rio de Janeiro, sudeste do Brasil. *Biotemas*, 21(2): 83-90.
- BUGONI, L. & VOOREN, C. M. 2004. Feeding ecology of the Common Tern *Sterna hirundo* in a wintering area in southern Brazil. *Ibis*, 146:438–453.
- CARDOSO, T. A. & NORDI, N. 2006. Small-Scale Manjuba Fishery around Cardoso Island State Park, SP, Brazil. *Braz. J. Biol.*, 66(4):963-973.
- CONTENTE, R.F.; STEFANONI, M. F. and SPACH, H. L. 2011. Fish assemblage structure in an estuary of the Atlantic Forest biodiversity hotspot (southern Brazil). *Ichthyol. Res.*, 50:58 – 38.
- DOS SANTOS, R.C. & RODRIGUES-RIBEIRO, M. 2000 Demanda de iscas vivas para a frota atuneira catarinense na safra DE 1998/99: CPUE, composição e distribuição das capturas. *NOTAS TÉCN. FACIMAR*, 4:97-101.
- ESPER, M. L. P. 1982. Reprodução e crescimento de *Anchoa januaria* (Steindachner, 1879) na região da Ponta da Cruz (Baía de Paranaguá), Paraná, Brasil. *Dusenía*, 13(1):15-35.
- FAVERO, J. M. D. & DIAS, J. F. 2013. Spatio-temporal variation in surf zone fish communities at Ilha do Cardoso State Park, São Paulo, Brazil. *Lat. Am. J. Aquat. Res.*, 41(2):239-253.
- FELIX, F. C.; SPACH, H. L.; HACKRADT, C. W.; MORO, P. S. & ROCHA, D. C. 2006. Abundância sazonal e a composição da assembléia de peixes em duas praias estuarinas da Baía de Paranaguá, Paraná. *Revista Brasileira de Zoociências*, 8(1):35-47.
- FRANCO, T. P.; ARAÚJO, C. E.O. & ARAÚJO, F. G. 2013. Length–weight relationships for 25 fish species from three coastal lagoons in Southeastern Brazil. *J. Appl. Ichthyol*, technical contribution, 1-3.
- FROESE, R. 2006. Cube law, condition factor and weight–length relationships: history, meta-analysis and recommendations. *J. Appl. Ichthyol.*, (22):241–253.
- FROESE, R.; PAULY, D. Editors. 2013. FishBase. World Wide Web electronic publication. <www.fishbase.org>, version (11/2013).
- GIBERTO, D. A.; BREMEC, C. S.; ACHA, E. M. & MIANZAN, H. W. 2007 Feeding of the Whitemouth croaker *Micropogonias furnieri* (sciaenidae; pisces) in the estuary of the Rio de La Plata and adjacent uruguayan coastal waters. *Atlântica*, 29(2):75-84.

- GIARRIZZO, T.; SILVA DE JESUS, A. J.; LAMEIRA, E. C.; ARAUJO DE ALMEIDA, J. B.; ISAAC, V. & SAINT-PAUL, U. 2006. Weight-length relationships for intertidal fish fauna in a mangrove estuary in Northern Brazil. *J. Appl. Ichthyol.*, 22:325–327.
- GONÇALVES, P. L. & N. F. FONTOURA. 1999. Dinâmica populacional de *Palaemonetes argentinus* na lagoa Fortaleza, Rio Grande do Sul, Brasil (Decapoda, Palaemonidae); *Iheringia, Série Zoologia*, 86: 171-186.
- GRAÇA LOPES, R.; TOMÁS, A. R. G.; TUTUI, S. L. S.; SEVERINO RODRIGUES, E. & PUZZI, A. 2002. Fauna acompanhante da pesca camaroeira no litoral do estado de São Paulo, Brasil. *Boletim do Instituto de Pesca*, 28(2):173 – 188.
- HACKRADT, C. W.; PICHLER, H. A.; FÉLIX, F. C.; SCHWARZ JÚNIOR, R.; SILVA, L.O. & SPACH, H. L. 2009. A estrutura da comunidade de peixes em praias de baixa energia do complexo estuarino da Baía de Paranaguá, Brasil. *Revista Brasileira de Zoociências*, 11(1): 231-242.
- HAIMOVICI, M. & VELASCO, G. 2000. Length weight relationships of marine bony fishes from Southern Brazil. *Naga, Filipinas*, 23(1): 19-23.
- IGNÁCIO, J. M. & SPACH, H. L. 2009. Variação dia-noite da ictiofauna do Maciel, Baía de Paranaguá, PR. *Revista Brasileira de Zoociências*, 11(1): 25- 37.
- JOYEUX, J. C.; GIARRIZZO, T.; MACIEIRA, R. M.; SPACH, H. L. & JR - VASKE, T. 2008. Length–weight relationships for Brazilian estuarine fishes along a latitudinal gradient. *J. Appl. Ichthyol.*, 1 – 6.
- KOBLITZ, S. 1990. Ontogenia e aspectos ecológicos de ovos e larvas de *Anchoa tricolor* Agassiz, 1929 (Teleostei – Engraulidae) da Baía de Paranaguá e Adjacências - Paraná – Brasil. Departamento de Ciências Biológicas, Programa de Pós – Graduação em Zoologia.
- LANA, P.C.; MARONE, E.; LOPES, R.M.; MACHADO, E.C. (2001). The Subtropical Estuarine Complex of Paranaguá Bay, Brazil, p. 131-145. In: U. SEELIGER & B. KJERFVE (Eds). *Coastal Marine Ecosystems of Latin America*. Berlin, Springer-Verlag, 360p.
- PAULY, D. 1980. On the interrelationships between mortality growth parameters and mean environmental temperature in 175 fish stock. *Journal du Conseil international pour l'Exploration de la mer*, 39(3):175 – 192.
- PESSANHA, A. L. M. & ARAÚJO, F. G. 2003 Spatial, temporal and diel variations of fish assemblages at two sandy beaches in the Sepetiba Bay, Rio de Janeiro, Brazil. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 57: 817–828.
- PINHEIRO, P. C.; CORRÊA, M.F.M e SPACH, H. L. 1994 Caracteres consistentes para a identificação de pós-larvas, juvenis e adultos de *Anchoa parva* e *A. tricolor* (PISCES, ENGRAULIDAE). *Arq. Biol. Tecnol.*, 37(4):843-852.

- SANTOS, M. C. O; ROSSO, S. ; SANTOS, R. A.; LUCATO, S. H. B. and BASSOI, M. 2002 Insights on small cetacean feeding habits in southeastern Brazil. *Aquatic Mammals*, 28(1): 38 -45.
- SPACH, H.L.; GODEFROID, R. S.; SANTOS, C.; SCHWARZ, R. J. & QUEIROZ, G. M. L. 2004. Temporal variation in fish assemblage composition on a tidal flat. *Brazilian Journal of Oceanography*, 52(1):47-58.
- SILVA, M. A. & ARAÚJO, F.G. 2000 Distribution and Relative Abundance of Anchovies (Clupeiformes – Engraulidae) in the Sepetiba Bay, Rio de Janeiro, Brazil. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 43:379-385.
- SILVA, M. A. & ARAÚJO, F. G. 2003 Influência das variáveis ambientais na fauna acompanhante na pesca da manjuba *Anchoa tricolor* (Agassiz) (Actinopterygii, Engraulidae) na Baía de Sepetiba, Rio de Janeiro. *Revista Brasileira de Zoologia*, 20(3): 367–371.
- SILVA, M. A; ARAUJO, F. G.; AZEVEDO, M. C. C. & SANTOS, J. N. S 2004. The nursery function of sandy beaches in a Brazilian tropical bay for 0-group anchovies (Teleostei: Engraulidae): diel, seasonal and spatial patterns. *J. Mar. Biol. Ass. U.K.*, 84:1229 – 1232.
- SOUZA, L. M. & CHAVES, P. T. 2007. Atividade reprodutiva de peixes (Teleostei) e o defeso da pesca de arrasto no litoral norte de Santa Catarina, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia*, 24(4): 1113–1121.
- TAVARES, L. E. R.; LUQUE, J. L. & BICUDO, A. J. A. 2005. Community ecology of metazoan parasites of the anchovy *Anchoa tricolor* (Osteichthyes: Engraulidae) from the coastal zone of the state of Rio de Janeiro, Brazil. *Braz. J. Biol.*, 65(3): 533-540.
- TAYLOR, C. C. 1962. Growth equations with metabolic parameters. *Journal du Conseil Permanent International pour L'exploration de la Mer*, 27(3): 270-286.
- VASCONCELLOS, R. M.; ARAÚJO, F. G.; SANTOS, S. N. J. & SILVA, M. A. 2010. Short-term dynamics in fish assemblage structure on a sheltered sandy beach in Guanabara Bay, Southeastern Brazil. *Marine Ecology*, 31:506–519.
- VAZ-DOS-SANTOS, A. M. & ROSSI-WONGTSCHOWSKI, C. L. D.B. 2013 Length-weight relationships of the ichthyofauna associated with the Brazilian sardine, *Sardinella brasiliensis*, on the Southeastern Brazilian Bight (22°S-29°S) between 2008 and 2010. *Biota Neotropica*, 13(2): 1-6.
- VILAR, C. C.; SPACH, H. L.; JOYEUX, J. C. 2011 Spatial and temporal changes in the fish assemblage of a subtropical estuary in Brazil: environmental effects. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 91(3):635–648.
- WHITEHEAD, P. J.P.; NELSON, G. J & WONGRATANA, T. 1988. Clupeoid fishes of the world (Suborder Clupeoidei). *FAO, Fisheries Synopsis*, n. 125, vol. 7, p. 300.

5. CAPÍTULO III

Uso do habitat por *Atherinella brasiliensis* (Quoy & Gaimard, 1825) nas regiões interditais de um estuário subtropical, Brasil.

Revista pretendida: Bioikos, ISSN2318-0900 e Qualis CAPES = B3

CARVALHO, B. M.¹; FONTOURA, N. F.²& SPACH, H. L.¹

¹ Programa de Pós – Graduação de Sistema Costeiro e Oceânicos, UFPR, Av. Beira-Mar, s/n, CEP 83255976, caixa postal 61, Bal. Pontal do Sul, Pontal do Paraná, PR – Brasil. bmaicarvalho@gmail.com

² Faculdade de Biociências, PUCRS, Av. Ipiranga 6681, CEP 90619-900, Porto Alegre.

RESUMO

O presente estudo descreve a interação da *Atherinella brasiliensis* capturada nas regiões intertidais do Complexo Estuarino de Paranaguá (CEP) com os parâmetros ambientais deste ambiente. Foram capturados 10024 indivíduos entre agosto de 2010 e julho de 2011, com comprimento total médio de 44,32 mm (DP=± 25,37 mm), amplitude de variação entre 12 e 142 mm, e pesos entre 0,01 e 73 g, com média de 1,35 g (DP= ±2,66 g) e idades estimadas entre < 1 e 22 meses. Foram evidenciadas diferenças significativas entre setores e estações do ano no número de indivíduos e peso da captura, com maiores médias no setor mediano e na estação chuvosa. Diferenças estatísticas foram observadas na distribuição espaço-temporal das idades, com os indivíduos entre <1 e 3 meses em média mais abundantes no setor 2 e período chuvoso, e os com indivíduos com idades acima de 7 meses igualmente distribuídos em toda a área amostral e com maior abundância média no início e final da seca. As variáveis ambientais que mais influenciaram na distribuição das classes etárias foram a temperatura e a salinidade.

Palavras chaves: Distribuição, idade, zona entre marés, estuário, parâmetros ambientais.

INTRODUÇÃO

Os estuários são zonas transicionais entre as águas continentais e oceânicas composto por um mosaico de habitats (ex: manguezais, baixios, marismas e canais de maré) são exportadores de matéria orgânica devido a elevada produtividade destes sistemas (Mclusky & Elliot, 2004). Este ambiente é colonizado por uma rica diversidade de invertebrados e peixes (Beck, et al. 2001).

O ambiente estuarino é considerado um berçário, já que, diversas espécies utilizam este para crescimento, recrutamento e reprodução. O uso desse ambiente por diferentes fases do desenvolvimento ontogenético dos peixes é facilitado pela disponibilidade de recurso alimentar favorecendo o rápido crescimento (Beck, et al. 2003). A diversificação do uso do habitat ao longo do desenvolvimento ontogenético está diretamente relacionada com as mudanças fisiológicas impostas pelo crescimento das espécies fazendo com que larvas, jovens e adultos não utilizem o mesmo ambiente na maioria das espécies de peixes (Kimirei, et al. 2010; Green, et al. 2012). Estudos de dinâmicas populacionais são dependentes da descrição das migrações realizadas pelas espécies entre as fases ontogenéticas para um correto manejo destas populações (Gillandres, 2002).

A ictiofauna estuarina brasileira tem sido descrita em diversos trabalhos (Barletta, et al. 2005, Barletta, et al. 2010; Contente, et al. 2011; Vilar, et al. 2011) Passos, et al. 2012), porém, no Brasil poucos estudos tem abordado a mudança de habitat durante o desenvolvimento ontogenético dos peixes (Beck et al. 2003; Dantas et al., 2010, 2012; Moura et al. 2011).

A espécie alvo deste estudo é *Atherinella brasiliensis* (Atherinopsidae) (Quoy & Gaimard, 1824), uma espécie bento–pelágica abundante na região intertidal do Complexo Estuarino de Paranaguá (Vendel, et al. 2003; Spach, et al. 2004; Ignácio & Spach 2009; Contente, et al. 2011), a qual possui ovos bentônicos aderentes e com desenvolvimento larval direto (Del Rio, et al. 2005). O comprimento de primeira maturação das fêmeas variou entre os ambientes estudados, sendo entre 7,6 e 9,1 cm com recrutamento durante os meses de outubro e janeiro com desovas parceladas (Bervian & Fontoura 1997; Fávaro et al. 2003). É uma espécie com hábito alimentar generalista oportunista (Chaves & Vendel 2006; Contente, et al. 2010), foi descrita como item alimentar de animais ictiófagos (Bordignon, 2006; Bugoni & Vooren, 2004) e apresentam distribuição influenciada por parâmetros oceanográficos dentro dos estuários (Fávaro, et al. 2007).

Devido à importância ecológica e a ausência de estudos que descrevem a mudança ao longo do desenvolvimento no uso do habitat pela espécie *Atherinella brasiliensis* no Complexo Estuarino Baía de Paranaguá (CEP), o presente trabalho avalia esta importante informação do uso espacial da área utilizando como parâmetro populacional a idade, fundamental para a compreensão dos padrões de distribuição das espécies e das interações entre os organismos e as condicionantes ambientais.

MATERIAIS E METÓDOS

As coletas para captura de *A. brasiliensis* foram realizadas entre agosto de 2010 e julho de 2011 em 17 pontos do eixo norte-sul do Complexo Estuarino de Paranaguá (CEP), Paraná (25° 15' - 25° 35' S e 48° 20' - 48° 45' O) (Figura 1). Mensalmente, foi realizada uma perfilagem com o CTD para a obtenção dos parâmetros ambientais como salinidade, clorofila ($\mu\text{g/L}$), pH e temperatura da água ($^{\circ}\text{C}$) nos pontos amostrais. Em cada mês e ponto de coleta, foi realizado um arrasto paralelo com extensão de 30 m, utilizando-se uma rede de arrasto do tipo “picaré” com 15 m de comprimento, 2 m de altura e malha com 2,5 mm entre nós opostos, puxada por duas pessoas. Após a captura, os indivíduos foram resfriados, identificados (Menezes & Figueiredo, 2000) e mensurados quanto ao comprimento total (Ct em mm) e pesados (P em g).

As idades foram estimadas conforme Carvalho (dados não publicados do capítulo I da presente dissertação). Para facilitar o tratamento dos dados, os pontos amostrais foram agrupados em setores e os meses em estações. Na determinação dos setores, foram utilizados dados da distância entre os pontos amostrais e as entradas do CEP, sendo que as distâncias dos pontos de 1 a 9 foram medidas em relação ao canal norte e de 10 a 17 em relação ao canal da Galheta. Em seguida foi realizado o cálculo da matriz de similaridade pelo método da distância Euclidiana e posteriormente foi realizada uma análise de agrupamento Cluster pelo método “Single linkage” (Clarke & Warwick, 2001). Os meses amostrados foram agrupadas em quatro estações: Final da estação seca (FS: julho, agosto, setembro), Início da estação chuvosa (IC: outubro, novembro e dezembro), Final da estação chuvosa (FC: janeiro, fevereiro e março) e Início da estação seca (IS: abril, maio, junho) (Barletta *et al.*, 2008; Contente *et al.*, 2011).

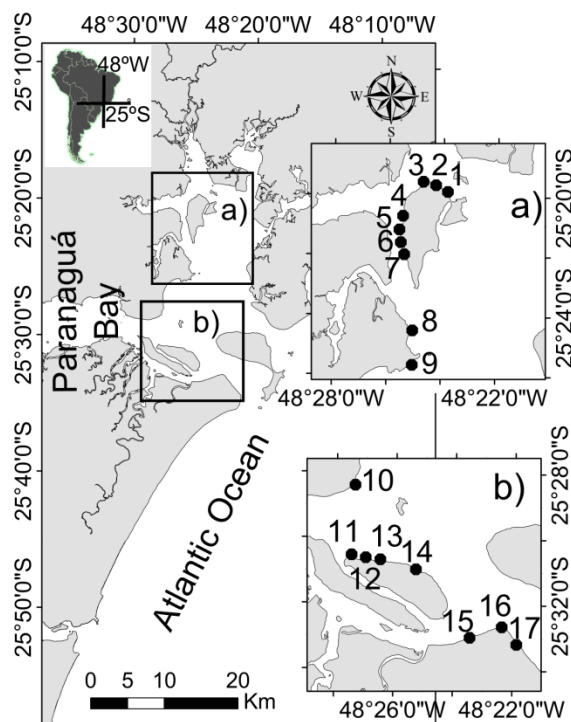


Figura 1. Mapa do Complexo Estuarino de Paranaguá com os pontos de coleta

Considerando como fatores fixos o setor e a estação do ano, utilizou-se a análise de variância permutacional (PERMANOVA) com 9999 permutações sem a transformação dos dados e com a matriz de similaridade calculada através do índice de Bray-Curtis, para testar as variações e interações da captura por arrasto do número e peso e da idade dos indivíduos. A mesma análise foi aplicada para avaliar as diferenças entre setores e estações do ano nos parâmetros ambientais normalizados, com a similaridade calculada através da distância euclidiana. Quando a hipótese nula foi rejeitada, a comparação entre as médias dos grupos foi feita utilizando-se o teste t permutacional (Anderson et al., 2008).

Para avaliar a distinção no padrão de ocorrência das idades entre os setores e entre as estações do ano em um espaço multivariado, aplicou-se a análise canônica de coordenadas principais (CAP), utilizando-se uma correlação de Spearman de 0,3. Utilizando-se o critério de seleção de Akaike (AIC) e o procedimento *step-wise*, com os dados bióticos não transformados e os dados ambientais normalizados, a distância baseada em modelos lineares (DistLM) foi aplicada para verificar a existência de correlação significativa entre as variáveis ambientais e as idades nos setores e estações do ano. A visualização dos modelos foi feita através da análise de redundância baseada na distância (dbRDA). (Anderson et al., 2008).

RESULTADOS

Três setores foram definidos na região amostrada através da análise de Cluster baseada na distância dos pontos de coleta e as entradas do Complexo Estuarino de Paranaguá: Setor 1 (pontos 1, 2, 3, 4, 5, 6 e 7), Setor 2 (pontos 8, 9, 10, 11, 12, 13 e 14) e Setor 3 (pontos 15, 16 e 17) (Figura 2).

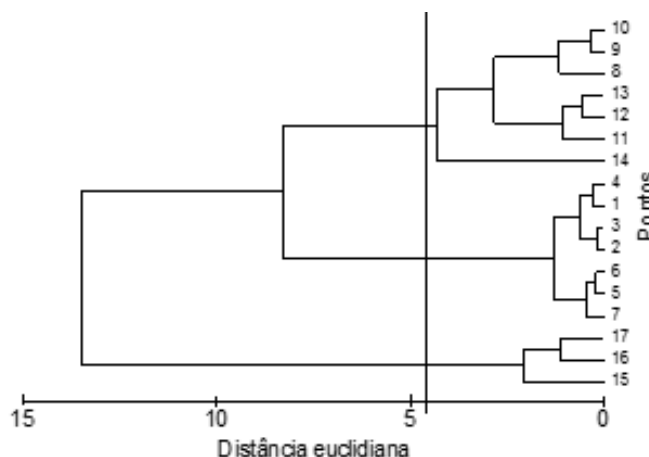


Figura 2. Dendrograma resultante da análise de agrupamento para as distâncias entre os pontos amostrais e as entradas do Complexo Estuarino de Paranaguá.

Variáveis ambientais

As diferenças ambientais foram significativas entre setores (PERMANOVA, pseudo-F= 6,08, $p < 0,001$), com o teste t pareado revelando diferenças estatísticas entre os setores 1 e 2 ($t = 2,96$, $p < 0,001$), 1 e 3 ($t = 2,77$, $p < 0,001$) mas não entre os setores 2 e 3 ($t = 0,79$, $p > 0,05$). Os setores apresentaram variações nos parâmetros ambientais, sendo que: a salinidade foi maior no setor 3 ($25,32 \pm 3,68$ ups) e menor no setor 1 ($22,70 \pm 4,97$ ups), o mesmo tendo sido observado para a temperatura da água (setor 3 = $24,11 \pm 3,02^{\circ}\text{C}$; setor 1 = $23,09 \pm 2,80^{\circ}\text{C}$). Um pH médio maior foi observado no setor 2 ($7,92 \pm 0,52$) com um pH em média menor no setor 1 ($7,79 \pm 0,39$), enquanto que a média clorofila foi maior no setor 1 ($2,97 \pm 1,06$ $\mu\text{g/L}$) e menor no setor 3 ($2,35 \pm 0,85$ $\mu\text{g/L}$).

As variáveis ambientais foram significativamente diferentes entre as estações do ano (PERMANOVA: pseudo-F=25,17, $p < 0,001$) com o teste t pareado indicando diferenças estatísticas ($p < 0,001$) entre todas as estações do ano, excetuando-se a comparação entre o início e o final da estação seca ($t = 1,61$, $p > 0,05$). Considerando-se as estações do ano, a salinidade foi em média maior no início da seca ($26,77 \pm 3,56$ ups) e menor no final da estação chuvosa ($20,22 \pm 4,79$ ups), com uma temperatura média

maior no final da estação chuvosa ($27,57 \pm 1,36^\circ\text{C}$), observando-se a menor temperatura média da água no final da seca ($20,86 \pm 1,65^\circ\text{C}$). O pH foi em média maior no início da estação seca ($8,13 \pm 0,56$) e menor no início da estação chuvosa ($7,63 \pm 0,31$), já a concentração de clorofila foi menor no final da estação seca ($2,22 \pm 0,93 \mu\text{g/L}$), com a maior concentração média ocorrendo no final da estação chuvosa ($3,25 \pm 0,96 \mu\text{g/L}$).

Variáveis biológicas

Foram capturados 10024 indivíduos de *A. brasiliensis* com comprimento total médio de 44,32 mm ($DP = \pm 25,37$ mm), amplitude de variação entre 12 e 142 mm, e pesos entre 0,01 e 73 g, com média de 1,35 g ($DP = \pm 2,66$ g). Foram evidenciadas diferenças significativas entre setores no número de indivíduos (PERMANOVA: pseudo- $F=3,56$, $p < 0,01$), sendo em média maior no setor 2 em relação ao 1 ($t = 2,63$, $p < 0,01$), não sendo diferentes entre os setores 1 e 3 ($t = 0,73$, $p > 0,05$) e 2 e 3 ($t = 1,20$, $p > 0,05$). A biomassa também diferiu entre os setores (PERMANOVA: pseudo- $F=2,84$, $p < 0,01$), com o peso da captura sendo em média maior no setor 2 em comparação com o setor 3 ($t = 2,15$, $p < 0,01$), mas não diferindo significativamente entre os setores 1 e 2 ($t = 1,39$, $p > 0,05$) e 1 e 3 ($t = 1,49$, $p > 0,05$). Entre as estações do ano variou o número de indivíduos (PERMANOVA: pseudo- $F=6,24$, $p < 0,001$), sendo em média estatisticamente maior no início ($t = 2,08$, $p < 0,01$) e final da estação chuvosa ($t = 3,98$, $p < 0,01$) em comparação ao final da estação seca, o mesmo tendo sido observado entre o final da chuvosa e início da seca ($t = 3,12$, $p < 0,01$). O peso da captura variou entre as estações do ano (PERMANOVA: pseudo- $F=2,15$, $p < 0,05$), com média estatisticamente maior no final da chuvosa em relação ao final da seca ($t = 1,94$, $p < 0,05$) e início da seca ($t = 2,16$, $p < 0,01$), não tendo sido observadas diferenças significativas entre as médias das demais estações do ano (FSxIC: $t = 0,87$, $p > 0,05$; FSxIS: $t = 0,64$, $p > 0,05$; ICxFC: $t = 1,39$, $p > 0,05$; ICxFS: $t = 1,01$, $p > 0,05$). Tanto para o número de indivíduos (PERMANOVA: pseudo- $F=1,33$, $p > 0,05$) como para o peso da captura (PERMANOVA: pseudo- $F=0,85$, $p > 0,05$) não foram observadas interações entre os setores e estações do ano.

Entre setores amostrados foram observadas diferenças significativas na abundância dos indivíduos por idade (PERMANOVA: pseudo- $F= 2,77$, $p < 0,001$). A PERMANOVA pareada mostrou diferenças estatísticas nas frequências de idades entre os setores 1 e 2 ($t = 1,58$, $p < 0,01$), 1 e 3 ($t = 1,68$, $p < 0,01$) e 2 e 3 ($t = 1,75$, $p < 0,001$). A análise de correspondência canônica (CAP: $\delta_1 = 0,5493$ e $\delta_2 = 0,4536$) mostrou que os indivíduos com <1 mês, 1, 2 e 3 meses foram mais abundantes nos setores 1 e 2, principalmente no segundo setor, enquanto que os indivíduos com idade variando entre

7 e 16 meses estiveram distribuídos em toda a área amostral, com uma maior abundância nos setores 1 e 2 (Figura 3).

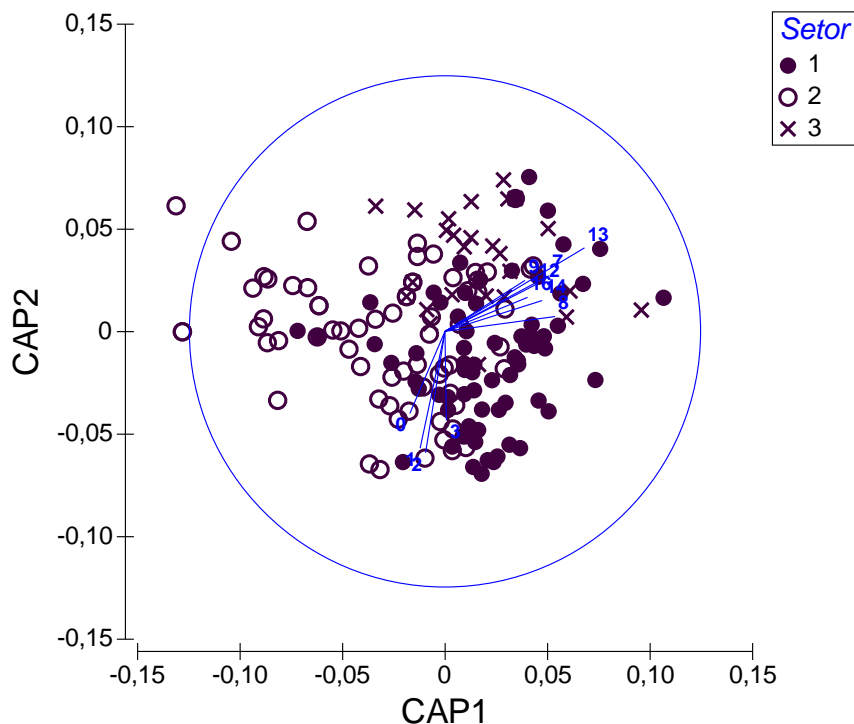


Figura 3. Resultado da análise canônica de coordenadas principais (CAP), com as idades que contribuíram para as diferenças entre setores. Vetores das idades com base na correlação de Sperman de 0,3 (1=setor 1, 2= setor 2 e 3=setor 3).

A distância baseada em modelos lineares (DistLM) mostrou a relação entre o padrão de distribuição espacial da estrutura em idades e o conjunto de variáveis preditoras: temperatura (AIC= 1380,5), salinidade (AIC= 1379,3), clorofila (AIC= 1378,9) e pH (AIC= 1378,6), com 61,82% e 19,94% da variação explicada pelo primeiro e segundo eixo, respectivamente. A visualização do modelo linear com as quatro variáveis preditoras através da análise de redundância baseada na distância (dbRDA), mostrou uma melhor explicação por parte das variáveis temperatura e salinidade, mais associadas a variação ao longo do eixo 1, com os indivíduos mais jovens estando predominantemente associados com águas mais frias e menos salinas nas áreas mais internas da região amostrada (Figura 4).

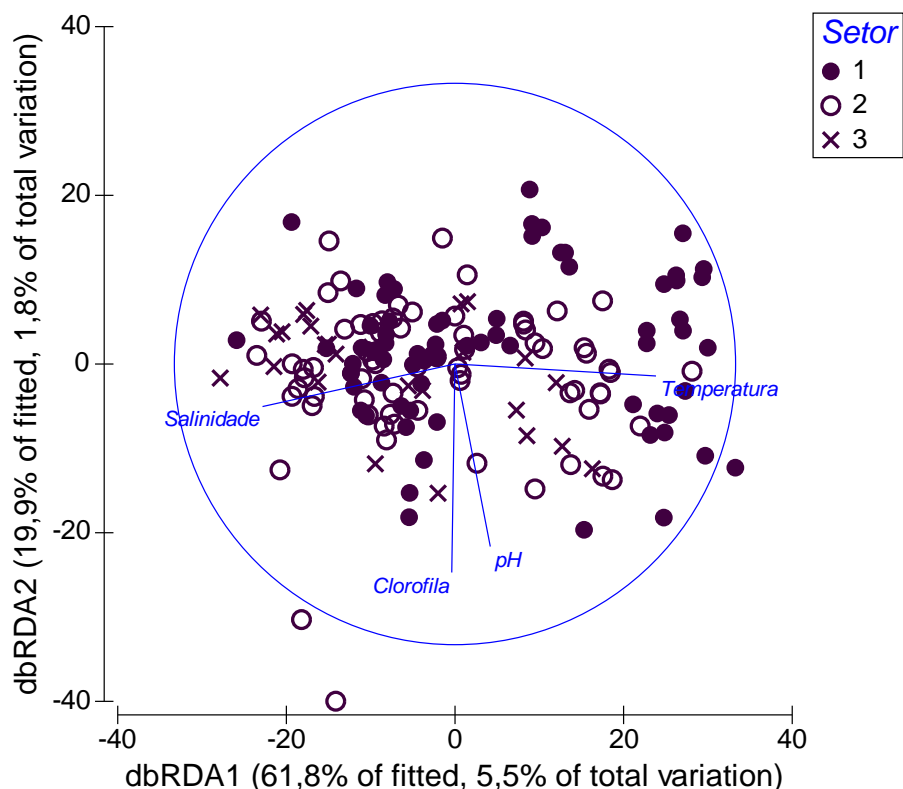


Figura 4. Resultado da análise de redundância baseada na distância (dbRDA), com as variáveis preditoras selecionadas pelo modelo linear (1= setor 1, 2= setor 2 e 3= setor 3).

A análise de variância permutacional mostrou diferenças significativas no padrão sazonal da ocorrência dos indivíduos de diferentes idades (PERMANOVA: pseudo-F= 4,76; $p < 0,001$). O teste pareado permutacional indicou diferenças significativas na estrutura de idade entre o final da seca e o início da chuvosa ($t = 1,53$, $p < 0,01$), final da seca e da chuvosa ($t = 2,94$, $p < 0,001$), início e final da seca ($t = 1,78$, $p < 0,001$), início e final da chuvosa ($t = 2,46$, $p < 0,001$), início da chuvosa e início da seca ($t = 1,84$, $p < 0,001$) e final da chuvosa e final da chuvosa e início da seca ($t = 2,17$, $p < 0,001$).

Através da análise de correspondência canônica (CAP: $\delta_1 = 0,7047$ e $\delta_2 = 0,5062$) observa-se que proporcionalmente as idades entre 1 e 7 meses são mais abundantes principalmente no final da estação chuvosa e em menor escala no início da estação seca, com maiores frequências proporcionais de indivíduos mais velhos (idades: 10,11,12, 13 e 14 meses) no final da estação seca e início da estação chuvosa (Figura 5).

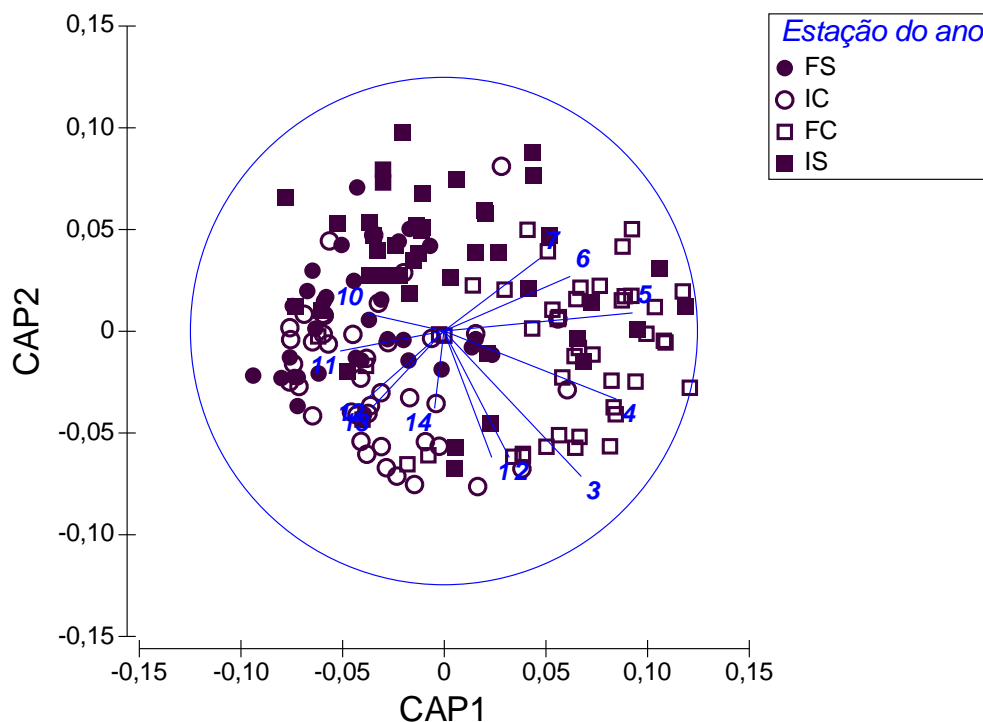


Figura 5. Resultado da análise canônica de coordenadas principais (CAP), com as idades que contribuíram para as diferenças entre estações do ano. Vetores das idades com base na correlação de Spearman de 0,3 (FS=final da seca, IC= início da chuvosa, FC= final da chuvosa e IS= início da seca).

O melhor conjunto de variáveis preditoras que explica a relação entre as idades dos indivíduos e as estações do ano foi: temperatura (AIC= 1380,5), salinidade (AIC= 1379,3), clorofila (AIC= 1378,9) e pH (AIC= 1378,6), com 59,87% e 21,324% da variação explicada pelo primeiro e segundo eixo, respectivamente. Com base no dbRDA (Figura 6), observou-se uma correlação satisfatória entre o padrão sazonal de ocorrência das idades dos indivíduos com a salinidade e a temperatura, com os indivíduos de menor idade mais associados as condições de menor salinidade e maior temperatura do final da estação chuvosa, sendo proporcionalmente mais abundantes os indivíduos mais velhos em condições de menor temperatura e maior salinidade no início e final da estação seca.

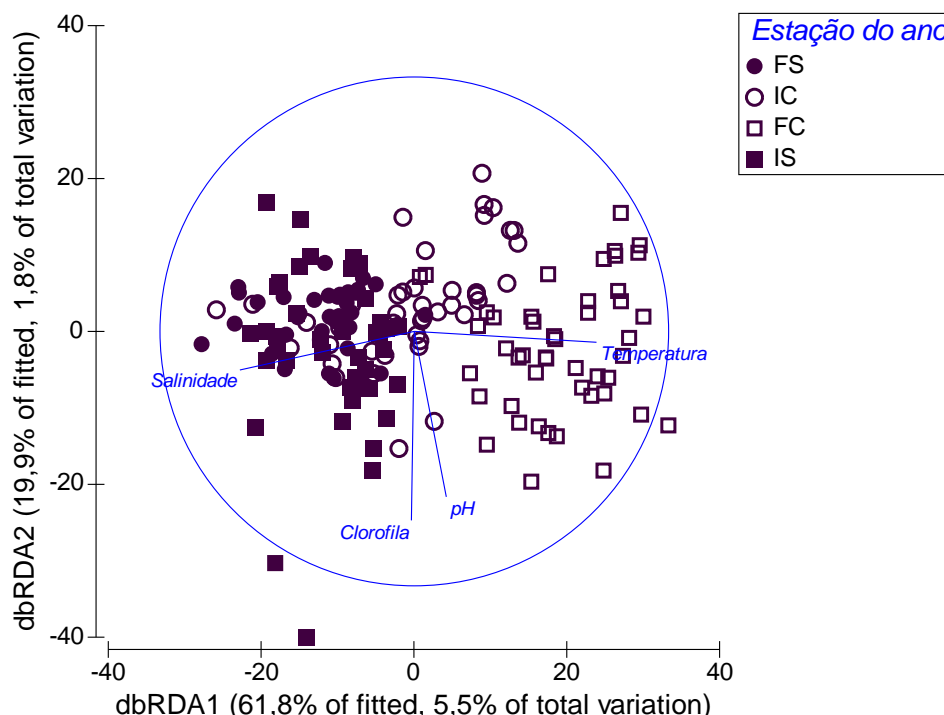


Figura 6. Resultado da análise de redundância baseada na distância (dbRDA), com as variáveis preditoras selecionadas pelo modelo linear (FS= Final da seca, IC= Início da chuvosa, FC= Final da chuvosa e IS= Início da seca).

DISCUSSÃO

A abundância e a biomassa foram significativamente maiores na estação chuvosa, resultante da formação de agregados reprodutivos e do aumento do recrutamento no período chuvoso (mais quente). O aumento no recrutamento e/ou agregação de reprodutores de *A. brasiliensis* no período mais quente do ano foi evidenciado em outros trabalhos. Hostim-Silva et al. (1995) na Lagoa da Conceição (SC) observou aumento da captura numérica durante os períodos mais quentes do ano, já Fávares et al. (2007) também descreveram para o CEP uma redução do comprimento total dos indivíduos capturados no verão (entrada de recrutas), resultado do processo reprodutivo que ocorreu na primavera, quando foram capturados os maiores indivíduos. Félix (et al. 2006) correlaciona o aumento da captura numérica no verão nas regiões intermareais do CEP com o aumento da produtividade primária favorecendo a aproximação de cardumes desta espécie na região intertidal do CEP.

Apesar da sua ocorrência em todos os setores da área intertidal do CEP os indivíduos da *A. brasiliensis* foram, nesse estudo, mais abundantes em áreas intertidais menos salinas, com menor hidrodinamismo e mais estruturadas (maior presença de marismas e manguezais), fato esse que já havia sido descrito para as regiões

intermareais do CEP por Fávoro *et al.*(2007). Uma interação da espécie com regiões mais salinas foi descrita para o manguezal de Guaratiba (RJ) por Neves *et al.* (2006), contudo alguns trabalhos demonstraram a preferência da *A. brasiliensis* por regiões mesohalinas no Rio Manducaba (RJ) (Neves, *et al.* 2010) e no CEP (Passos, *et al.* 2013). Na Lagoa da Conceição (SC) a espécie preferiu ambientes com reduzida salinidade (Hostim-Silva, *et al.* 1995) e na Baía de Sepetiba (RJ) a *A. brasiliensis* não demonstrou uma preferência por ambientes oligohalino ou mesohalino estando distribuída em toda a área amostral (Pessanha & Araújo, 2003). Essa ausência de um padrão claro da distribuição espacial de *A. brasiliensis* influenciada pela salinidade nas distintas regiões sul-sudeste brasileiro pode estar relacionada a elevada capacidade osmorreguladora dos peixes estuarinos (Souza-Bastos & Freire, 2011).

No presente trabalho, observou-se correlação entre o padrão de distribuição das idades de *A. brasiliensis* com a salinidade e temperatura, com os indivíduos mais jovens estando predominantemente associados com águas mais frias e menos salinas nas áreas mais internas do CEP, preferencialmente no setor 2. Outras características que podem ter influenciado neste padrão são a maior presença de manguezais e marismas e uma reduzida energia de ondas nesses setores mais internos em relação ao setor mais externo. Spach *et al.*(2004) citam um maior abundância desta espécie em ambientes marginais com elevada estruturação ambiental, enquanto que Spach *et al.* (2007) e Hackradt *et al.* (2009) descrevem que os maiores indivíduos estavam nas áreas mais externas e menores nas áreas mais internas do CEP. Na Barra do Sai (SC) Spach *et al.* (2010) sugerem a preferência de *A. brasiliensis* pela gamboa em relação a uma laguna e ao leito do rio adjacente, atribuindo isto a existência de salinidades intermediárias e maior estruturação ambiental na gamboa. Todos os estudos supracitados parecem explicar o reduzido número de capturas no presente estudo no setor mais externo, área com maiores salinidades e hidrodinamismo e menor estruturação ambiental.

Os processos migratórios da *A. brasiliensis* foram mencionadas em dois estudos, o de Hostim-Silva *et al.* (1995) que supõe que no inverno a espécie migre para o oceano e de Fernandez (2007) que sugere que a espécie realiza migrações circadianas. Espécies que realizam grandes migrações apresentam modificações morfológicas nos otólitos sagitta, apresentando maior desenvolvimento do rostrum, o que auxilia no equilíbrio da espécie durante o processo migratório na coluna d'água (Popper & Lu 2000). A *A. brasiliensis* não apresenta essa estrutura tão desenvolvida (Carvalho & Corrêa, 2013), isto é um indicio que a espécie realiza migrações curtas, sugerindo que entre os distintos setores analisados nesse trabalho ocorra pouca migração. A

associação do reduzido potencial de migração (deslocamentos) com a presença de ovos bentônicos aderentes e com desenvolvimento larval direto (Del Rio, *et al.* 2005), parecem indicar que as diferenças nos padrões de distribuição sejam determinadas mais por forças locais e menos por trocas de indivíduos entre os setores.

As mudanças no uso do habitat das classes etárias de *A. brasiliensis* apresentaram um padrão bem definido com os indivíduos mais jovens (<1,1,2,3 meses) abundantes nos setores 1 e 2, predominantemente no 2, e os indivíduos acima de 7 meses distribuídos em toda a área amostral, principalmente no setores mais internos 1 e 2. Fatores como alimentação, proteção contra predação e maior influência de ondas podem auxiliar na explicação da distribuição espacial das classes de idade desta espécie. Conforme Contente (*et al.* 2010) a *A. brasiliensis* modifica seus hábitos alimentares conforme cresce, se alimentando inicialmente de diatomáceas cêntricas e se tornando generalista a partir dos 7 cm, alimentando-se de itens maiores. O setor 2 apresenta uma maior concentração de clorofila, o que justificaria maior presença dos indivíduos mais jovens neste ambiente, utilizando esse setor para alimentação e crescimento. Por outro lado, como as outras classes etárias tem pouca especificidade alimentar, podem se distribuir por todos os setores analisados. Outro fator que explicaria o padrão de distribuição das classes de idade é que o setor 2 estaria mais próximo da zona de máxima turbidez do CEP (Machado, 2011), o que estaria propiciando a espécie maior proteção contra piscívoros devido a maior turbidez da água em relação ao setor 3, mais influenciado por água marinha com menor turbidez.

A distribuição temporal das idades de *A. brasiliensis* demonstrou uma variação ao longo do período amostrado auxiliando na determinação do ciclo de vida da espécie. No final da estação seca, início do período amostral, foram capturados indivíduos de distintas idades, predominantemente acima de 7 meses de idade demonstrando que esses indivíduos seriam coortes resultantes do processo reprodutivo de anos anteriores, descrito por Fávaro (*et al.*, 2003) como sendo mais intenso em outubro, com desovas parceladas. Como a espécie possui ovos bentônicos aderentes, os indivíduos adultos (com idade acima de 7 cm) estariam realizando agregações nas áreas mais rasas do CEP para a desova e fecundação, e isso provavelmente estaria ocorrendo no final da estação da seca.

A predominância dos indivíduos mais jovens (<1,1, 2, 3 meses) no final da estação chuvosa pode ser explicado pelo desenvolvimento embrionário dessa espécie e capacidade de captura pela rede. Devido às desovas parceladas realizadas pela espécie, o agregado reprodutivo demonstrado pela abundância de indivíduos adultos no final da estação seca, teria originado os indivíduos mais jovens de distintas idades

durante o início da estação chuvosa. Em laboratório Del Rio (*et al.* 2005) descreveu o desenvolvimento embrionário desta espécie indicando que entre a desova e a eclosão leva 6 dias, as larvas eclodem com média de comprimento total 5,04 mm ($\pm 1,22$ mm), atingindo 40 dias após a eclosão 13 mm de comprimento total. Na interpretação dos resultados da distribuição temporal devemos considerar a possível influência do amostrador, uma vez que é significativa a probabilidade de escape dos indivíduos menores de 15 mm pela malha da rede e de indivíduos grandes em função da baixa velocidade de arrasto.

Através do presente trabalho pode-se observar que a *A. brasiliensis* esteve presente nas áreas rasas do CEP em todas as classes etárias. Esta espécie mostrou, entre as classes etárias, um uso diferenciado de habitat, contribuindo para essas diferenças mudanças no hábito alimentar, uma maior disponibilidade de habitats favoráveis, maior turbidez da água e menor hidrodinamismo local, além de características específicas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Anderson, M. J.; Gorley, R. N. & Clarke, K. R. (2008). PERMANOVA+ for PRIMER: guide to software and statistical methods. PRIMER-E, Plymouth.
- Barletta, M.; Barletta-Bergan, A.; Saint-Paul, U. & Hubold, G. (2005). The role of salinity in structuring the fish assemblages in a tropical estuary. *Journal of Fish Biology*, 66:45–72.
- Barletta, M.; Amaral, C.S.; Correa, M.F.M.; Guebert, F.; Dantas, D.V.; Lorenzi, L. & Saint-Paul, U. (2008). Factors affecting seasonal variations in demersal fish assemblages atonaecocline in a tropical-subtropical estuary. *Journal of Fish Biology*, 73: 1314-1336.
- Barlleta, M.; Jaureguizar, A. J.; Baigun, C.; Fontoura, N. F.; Agostinho, A. A.; Almeida-Val, V. M. F.; Val, A. L.; Torres, R. A.; Jimenes-Segura, L. F.; Giarrizzo, T.; Fabre, N. N.; Batista, V. S.; Lasso, C.; Taphorn, D. C.; Costa, M. F.; Chaves, P. T.; Vieira, J. P. & Correa, M. F. M. (2010). Fish and aquatic habitat conservation in South America: a continental overview with emphasis on neotropical systems. *Journal of Fish Biology*, 76:2118–2176.
- Beck, M. W.; Heck Jr., K. L.; Able, K. W.; Childers, D. L.; Eggleston, D. B.; Gillanders, B. M.; Halpern, B.; Hays, G. C.; Hoshino, K.; Minello, T. J.; Orth, R. J.; Psheridan, P. F. Weinstein, M. P. (2001). The Dentification, Conservation, and Management of Estuarine and Marine Nurseries for Fish and Invertebrates. *BioScience*, 51(8): 633-641.
- Beck, M. W.; JR. K. L.; Able, K. W.; Childers, D. L.; Eggleston, D. B.; Gillanders, B. M.; Halpern, B. S.; Hays, C. G.; Hoshino, K.; Minello, T. J.; Orth, R. J.; Sheridan, P. F. & Weinstein, M. P. (2003). The Role of Nearshore Ecosystems as Fish and Shellfish Nurseries. *Ecological Society of America*, 11:1-14.

Bervian, G. & Fontoura, N. F. (1997). Reprodução de *Atherinella brasiliensis* no estuário do rio Tramandaí, Imbé, Rio Grande do Sul, Brasil (Teleostei, Atherinopsidae). *Biociências*, 5(2):19-32.

Bervian, G. & Fontoura, N. F. (2007). Growth of the Silverside *Atherinella brasiliensis* in Tramandaí Estuary, Southern Brazil (Actinopterygii: Atherinopsidae). *Neotropical Ichthyology*, 5 (4):485-490.

Bordignon, M. O. (2006). Diet of the fishing bat *Noctilioleporinus* (Linnaeus) (Mammalia, Chiroptera) in a mangrove area of southern Brazil. *Revista Brasileira de Zoologia*, 23: 256 - 260.

Bugoni, L. & Vooren, C. M. (2004). Feeding ecology of the Common Tern *Sterna hirundo* in a wintering area in southern Brazil. *Ibis*, 146:438–453.

Carvalho, B. M. & Correa, M. F. M. (2013). Morphometry of the sagittal otolith from *Atherinella brasiliensis* (Quoy & Gaimard, 1824) (Actinopterygii - Atherinopsidae), at the coast of Paraná. *Revista Tropical Oceanography* (on line) no prelo.

Chaves, P. T. & Vendel, A. L. (2008). Análise comparativa da alimentação de peixes (Teleostei) entre ambientes de marisma e de manguezal num estuário do sul do Brasil (Baía de Guaratuba, Paraná). *Revista Brasileira de Zoologia*, 25(1): 0–15.

Clark, K. R. & Warwick R. W. (2001). Change in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation, 2nd edn. PRIMER-E, Plymouth.

Contente, R.F.; Stefanoni, M. F. & Spach, H. L. (2010). Feeding ecology of the Brazilian silverside *Atherinella brasiliensis* (Atherinopsidae) in a sub-tropical estuarine ecosystem. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 1 – 9.

Contente, R.F.; Stefanoni, M. F. & Spach, H. L. (2011). Fish assemblage structure in an estuary of the Atlantic Forest biodiversity hotspot (southern Brazil). *Ichthyol Res.*, 50:58 – 38.

Del Río, V.; Rosas, J.; Velásquez, A. & Cabrera, T. (2005). Desarrollo embrionario larval y tiempo de metamorfosis del pez tropical *Xenomelaniris brasiliensis* (Pisces: Atherinidae). *Revista de Biología Tropical*, 53(3-4):1-10.

Fávaro, L.F., Lopes, S. C. G. & Spach, H. L. (2003). Reprodução do peixe-rei, *Atherinella brasiliensis* (Quoy&Gaimard) (Atheriniformes, Atherinidae), em uma planície de maré adjacente à gamboa do Baguaçu, Baía de Paranaguá, Paraná, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia*, 20:501–506.

Fávaro, L. F.; Elton C. de Oliveira & Nelsy Fenerich, V. (2007). Estrutura da população e aspectos reprodutivos do peixe - rei *Atherinella brasiliensis* (Quoy&Gaimard) (Atheriniformes, Atherinopsidae) em áreas rasas do Complexo Estuarino de Paranaguá, Paraná, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia*, 24(4): 1150 -1156.

Félix, F. C.; Spach, H. L.; Hackrad, C. W.; Moro, P. S. & Rocha, D. C. (2006). Abundância sazonal e a composição da assembléia de peixes em duas praias estuarinas da Baía de Paranaguá, Paraná. *Revista Brasileira de Zoociências*, 8(1):35-47.

Fernandez, W. S. (2007). Dinâmica populacional de *Atherinella brasiliensis* (Quoy & Gaimard, 1824) da praia de Itamambuca, Ubatuba (SP). Dissertação de mestrado apresentada na Universidade de São Paulo no Instituto de Oceanografia.

Gillanders, B. M. (2002) Connectivity between juvenile and adult fish populations: do adults remain near their recruitment estuaries? *Marine Ecology Progress Series*, 240: 215–223.

Green, B. C.; Smith, D. J.; Grey, J. & Underwood, G. J. C. (2012). High site fidelity and low site connectivity in temperate salt marsh fish populations: a stable isotope approach. *Oecologia*, 168:245–255.

Hackradt, C. W.; Pichler, H. A.; Félix, F. C.; Schwarz Júnior, R.; Silva, L.O. & Spach, H. L. (2009). A estrutura da comunidade de peixes em praias de baixa energia do complexo estuarino da Baía de Paranaguá, Brasil. *Revista Brasileira de Zoociências*, 11(1):231-242.

Hostim-Silva, M., Clezar, L.; Ribeiro, G. C. & Machado, C. (1995). Estrutura populacional de *Xenomelaniris brasiliensis* (Quoy & Gaimard, 1824) na Lagoa da Conceição, SC. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 38(3):949-960.

Ignácio, J. M. & Spach, H. L. 2009. Variação dia-noite da ictiofauna do Maciel, Baía de Paranaguá, PR. *Revista Brasileira de Zoociências*, 11(1):25- 37.

Kimirei, I. A.; Nagelkerken, I.; Griffioen, B.; Wagner, C. & Mgaya, Y. D. (2010) Ontogenetic habitat use by mangrove/seagrass-associated coral reef fishes shows flexibility in time and space. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 92:47 – 58.

Machado, C. G. (2011). Caracterização química dos agregados e sedimentos superficiais na zona de máxima turbidez no complexo estuarino de Paranaguá (CEP). *Boletim Paranaense de Geociências*, 64-65: 40-47.

Mclusk, D. S. & Elliot, M. (2004). *The estuarine ecosystem*. Ed. Oxford

Neves, M. L.; Pereira, H. H.; Costa, R. M & Araujo, G. F. (2006). Uso do manguezal de Guaratuba, Baía de Sepetiba, Rio de Janeiro, pelo peixe-rei *Atherinella brasiliensis* (Quoy & Gaimard) (Atheriniformes, Atherinopsidae). *Revista Brasileira de Zoologia*, 23(2):421-428.

Neves, L.M.; Teixeira, T. P. & Araújo, F. G. (2010). Structure and dynamics of distinct fish assemblages in three reaches (upper, middle and lower) of an open tropical estuary in Brazil. *Marine Ecology*, 32:115–131.

Passos, A. C.; Contente, R. F.; Araujo, C. C. V.; Daros, F. A. L. M.; Spach, H. L.; Abilhoa, V.; Fávaro, L. F. (2012). Fishes of Paranaguá Estuarine Complex, South West Atlantic. *Biota Neotropica*, 12(3):227-241.

Passos, A. C.; Contente, R. F.; Abbatepaulo, F. V.; Spach, H. L.; Vilar, C. C.; Joyeux, J. C.; Catagena, B. F. C. V.; Fávaro, L. F. (2013). Analysis of fish assemblage in sectors along a salinity gradient based on species, families and functional groups. *Brazilian Journal of Oceanography*, 61(4):251-264.

Pessanha, A. L. M. & Araújo, F. G. (2003). Spatial, temporal and diel variations of fish assemblages at two sandy beaches in the Sepetiba Bay, Rio de Janeiro, Brazil. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 57:817–828.

Popper, A. N. & Lu, Z. (2000). Structure function relationships in fish otolith organs. *Fisheries Research*, 46: 15 – 25.

Souza-Bastos, L. & Freire, C. A. (2011). Osmoregulation of the resident estuarine fish *Atherinella brasiliensis* was still affected by an oil spill (Vicuña tanker, Paranaguá Bay, Brazil), 7 months after the accident. *Science of the Total Environment*, 409:1229–1234.

Spach, H.L.; Godefroid, R. S.; Santos, C.; Schwarz, R. J. & Queiroz, G. M. L. (2004). Temporal variation in fish assemblage composition on a tidal flat. *Brazilian Journal of Oceanography*, 52(1):47-58.

Spach, H. L.; Santos, C.; Pichler, H. A.; Ignácio, J. M.; Stoiev, S. B.; Bernardo, C. (2007). Padrões estruturais da assembléia de peixes em duas áreas do Canal da Cotinga, Baía de Paranaguá, Paraná, Brasil. *Bioikos*, 21(2):57-67.

Spach, H.L.; Silva, A. L. C.; Bertolli, L. M.; Cattani, A. P.; Budel, B. R.; Santos, L. O. (2010) Assembleias de peixes em diferentes ambientes da desembocadura do Rio Saí Guaçu, Sul do Brasil. *Panamjas*, 5(1): 126-138.

Vendel, A.L.; Lopes, S. G.; Santos, C. & Spach, H. L. (2003). Fish Assemblages in a Tidal Flat. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 46(2):233-242.

Vendel, A. L. & Chaves, P. T. (2006). Use of an estuarine environment (Barra do Saí lagoon, Brazil) as nursery by fish. *Revista Brasileira de Zoologia*, 23(4):1117–1122.

Vilar, C. C.; Spach, H. L.; Joyeux, J. C. (2011). Spatial and temporal changes in the fish assemblage of a subtropical estuary in Brazil: environmental effects. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 91(3):635–648.

6. CAPÍTULO IV

Morphology and morphometry of the sagittal otoliths of the anchovy, *Anchoa tricolor* (Spix and Agassiz, 1829), over their ontogenetic development in a subtropical estuary.

Morfologia e morfometria do otólito sagitta da *Anchoa tricolor* (Spix and Agassiz, 1829), ao longo do seu desenvolvimento ontogenético em um estuário subtropical.

Artigo submetido: Journal of Applied Ichthyology, ISSN: 1439-0426, Fator de impacto (JCR, 2012) =0,902, Qualis CAPES = B1.

CARVALHO, B. M.^{1*}; VAZ-DOS-SANTOS, A. M.²; SPACH, H. L.¹; VOLPEDO, A. V.³

¹ Programa de Pós – Graduação de Sistema Costeiro e Oceânicos, UFPR, Av. Beira-Mar, s/n, CEP 83255-976, caixa postal 61, Bal. Pontal do Sul, Pontal do Paraná, PR – Brasil. Phone number 554135118600 bmaicarvalho@gmail.com

²UFPR, Laboratório de Esclerocronologia. Rua Pioneiro, 2153, CEP 85950-000, Palotina PR – Brasil / Programa de Pós – Graduação em Aquicultura e Pesca do Instituto de Pesca (SAA-SP)

³Instituto de Investigaciones en Producción Animal (INPA-CONICET) / Centro de Estudios Transdisciplinarios del Agua (CETA- Universidad de Buenos Aires).Av. Chorroarin 280 Buenos Aires CP (1427) Argentina.

RESUMO

Neste estudo a morfologia dos otólitos sagitta de *A. tricolor* foi descrita, sendo apresentadas as feições morfológicas e a morfometria linear e geométrica ao longo de seu desenvolvimento ontogenético, com o propósito de apresentar elementos para a identificação da espécie a partir dessa estrutura. Foram mensurados e classificados 397 pares de otólito sagitta da *Anchoa tricolor* entre 20 e 85 mm. Os resultados obtidos evidenciam que existem variações morfológicas e morfométricas nos otólitos das diferentes classes de tamanho associadas ao tipo de borda, presença e tamanho do rostrum e da excisura, e a

topografia da face interna do otólito. Estas variações morfológicas estão possivelmente associadas a diferentes comportamentos ecológicos da espécie (capacidade natatória e migrações realizada ao longo do seu desenvolvimento), aspectos biológicos (desenvolvimento das nadadeiras e maturação sexual) e os diferentes habitat que frequentam nas diferentes classes de tamanhos (ambiente estuarino e oceano). O presente trabalho é uma importante ferramenta nos estudos de ecologia trófica de ictiófagos, já que os otólitos identificados em conteúdos estomacais ou em fezes destes podem possuir padrões morfológicos e morfométricos distintos entre fases de desenvolvimento ontogenéticos da presa. Este tipo de estudos permite estimar com maior precisão o tamanho das presas ingeridas pelos ictiófagos e a ecologia do ictiófago através da descrição do ciclo de vida da presa.

Palavras chaves: Engraulidae, otólito, morfometria geométrica, morfologia, descrição.

Summary

The morphology of the sagittal otoliths of *Anchoa tricolor* was described in this study in relation to size classes of fish. Their morphological features and linear and geometric morphometry over their ontogenetic development were presented aiming the identification of the species from these structures. A total of 380 pairs of sagittal otoliths of *A. tricolor* (20 to 85 mm) were measured and analysed. The results showed that specific morphological pattern of the otolith present following features: elliptic shape; round anterior-posterior region; margins varying between serrated and smooth over ontogenetic development; heterosulcoid and ostial sulcus acusticus, deep and located in the middle region of the otolith; well-developed *rostrum*, *antirostrum* in the anterior-ventral region; excisura notch present in the otolith. The different size classes present different morphology features: associated with edge type, presence and size of the *rostrum* and the excisura, and topography of the inner face. These morphological

variations are associated with the different ecological behaviors of the species (swimming capacity and displacement), biological aspects (development of the fins and sex maturation) and the different habitats that they frequent in different size classes (estuarine environment and ocean).

Introduction

The otoliths of teleosts are complex polycarbonate structures composed mainly of aragonite. Three pairs (*sagittae*, *asteriscus* and *lapilli*) are present in the inner ear chambers. They are responsible for equilibrium and audition (Popper et al., 2005). Although the shape of otoliths varies over the ontogenetic development of each species (Volpedo and Echeverria, 1999), their intraspecific patterns make them an important taxonomic tool (Popper et al., 2005). Thus, they are useful in studies of the trophic ecology of ichthyophagic animals (Correa and Vianna, 1992; Di Benedetto and Lima, 2003). They are also excellent describers of the life cycle of species through their microchemistry and in age and growth studies (Campana, 2001; Volpedo and Echeverria, 2003; Assis, 2005; Elsdon et al., 2008; Volpedo et al., 2008; Beyer and Szedlmayer, 2010; Avigliano and Volpedo, 2013).

In the study of the morphology of otoliths, the use of linear morphometry in the identification of the relationships between measurements of otoliths and fish has been very common (but limited and subjective in the description of the contour or shape) (Volpedo and Echeverria, 2000; Campana, 2004; Ponton, 2006; Furlani et al., 2007; Tuset et al., 2008). The use of only two linear dimensions is not efficient in shape analyses (Cadrin and Friedland, 1999). The development of geometric morphometry allied to the analysis and processing of

images, expanded the possibilities of the characterization of otoliths as elements of differentiation of species, populations and stocks (Tuset et al., 2003; Monteiro et al., 2005; Tracey et al., 2006; Oliveira et al., 2009; Vigon, 2012).

The anchovy *Anchoa tricolor* (Spix and Agassiz, 1829) (Clupeiformes, Engraulidae) is a very abundant species on the coast of Brazil distributed between the states of Ceará (3°S) and Rio Grande do Sul (37°S) (Froese and Pauly, 2013). It is a small-sized species (> 110 mm) that forms schools in coastal regions, bays and estuaries and is an important prey of ichthyophagous animals (Santos et al., 2002; Bugoni and Vooren, 2004). Nevertheless, few studies of this species have been carried out (Pinheiro et al., 1994; Silva and Araújo, 2000; Santos et al., 2005; Tavares et al., 2005; Araújo et al., 2008). As regards otolith morphology, despite Lemos et al. (1995) having dealt with engraulids, the technology at that time has limited their results compared with current analysis.

The anchovy together with other species of the genus is a target species of small-scale (artisanal) fisheries. It is used in the production of “iriko” (dehydrated fish used in Japanese cuisine). It is a frequently species in the Paranaguá Estuarine Complex (PEC) (Paraná state, Brazil) one of the most important subtropical estuary of the Southwestern Atlantic (Contente et al., 2011; Passos et al., 2012). The anchovy also holds a key position in the trophic dynamics of the region (Araujo et al., 2008).

The morphology of the sagittal otoliths of *A. tricolor* was described in this study. Their morphological features and linear and geometric morphometry over their ontogenetic development were represented aiming the identification of the species from these structures.

Materials and Methods

Sampling was carried out between August 2010 and July 2011 on the north-south axis of the Paranaguá Estuarine Complex (PEC) (25°15' – 25°35' S and 48°20' – 48°45' W) (Fig. 1). The PEC presented a mean depth of 5.4 m, a water residence time of 3.49 days, with semidiurnal tides with an average amplitude of 2.2 m. Salinity and water temperature in the summer and winter varied between 12 and 29 and 23°C and 30°C and 20 and 34 and 18°C and 25°C, respectively (Lana et al., 2001). The estuary is dominated by tidal currents (Noernberg et al., 2007) and estuarine beach formation (Rosa and Borzone, 2008). According to Marone et al. (2007), the PEC can be classified as a partially mixed estuary (type “b”), with water column stratification and no lateral homogeneity.

A 30-m trawl parallel to the coast was carried out monthly at each site at a depth of approximately 1.5 m using a beach seine net (length: 15 m; height: 2 m; mesh: 2.5 mm) pulled by two people. After capture, the specimens were frozen, identified (Pinheiro et al., 1994; Menezes and Figueiredo, 2000), measured (total length: TL) and weighed (W in g).

The otoliths of fish between 20 and 85 mm were used for the linear and geometric morphometric analysis and extracted through the palate region. They were washed, dried and put in bags identified with the reference number of each individual (Secor *et al.*, 1992), stored in the Ichthyological Collection of the Universidade Federal do Paraná. The otoliths of the fish size classes above 30 mm were photographed using an Olympus DP71 coupled to a stereoscopic microscope. On the other hand, micrographs of otoliths of specimens with sizes

between 20 and 30 mm were obtained using a scanning electron microscope to have a better view of the sulcus acusticus. The morphological description of the otoliths was carried out according to Tuset et al.(2008).

The images were initially processed for morphometric analysis using the program Image Tool 3.0 (Wilcox et al., 2002) (left and right otoliths). These images were used to measure: the maximum longitudinal length of the otolith (OL), the maximum perpendicular height (OH), the length of the *rostrum* measured the horizontal distance between the *rostrum* and the *antirostrum* and the areas of the otolith (Ao) and of the sulcus acusticus (As) (Fig. 2). These measurements permit the estimation of the index of circularity ($IC = OH/OL \cdot 100$), which helps in the definition of the shape of the otolith (value near 80 defined circular and 50 elongated). The R index estimates the percentage that the *rostrum* is equivalent to the length of the otolith ($R = RO/OL \cdot 100$) and the ratio between the length of the fish and the length of the otolith (TL/OL) (Volpedo and Fuchs, 2010). The measurements of the fish and the otoliths were related through regression analysis and the models estimated through the linear least-squares method (Zar, 2009). The linear and exponential models were estimated between the total length (TL) and the weight (W) of the fish, with the length of the otolith (OL), respectively.

Only the left otoliths were used for geometric morphometric analysis. After the insertion of 13 anatomical marks in each photograph using the programs tpsUtil and tpsDig2 (Rohlf and Marcus, 1993), the images were saved on file in TPS format as Cartesian coordinates. The files were inserted into the program MorphoJ (Klingenberg, 2011) and, soon after, canonical variate analysis (CVA) was applied, with the use of 1000 permutations to identify the groupings based

on the coordinates of the distinct size classes of the fish. Principal component analysis (PCA) was used to verify the variation in shape between the size classes of the otoliths and discriminant analysis to identify the existence of differences in the shapes of the size classes of the otoliths. Analysis of variance (ANOVA) was also applied using Procrustes distance to evaluate the differences between the shapes of the distinct size classes of the otoliths and using centroid size to identify possible differences in the size of the otoliths in the size classes of the fish.

Results

A total of 380 specimens of *A. tricolor* were analysed, with total length varying between 22 and 84 mm and weight between 0.04 and 3.76 g. Otolith length varied between 0.5 and 2.5 mm and otolith height between 0.4 and 1.6 mm. Morphological pattern of the sagittal otolith of *A. tricolor* varies in relation to the total length fish class.

Smallest fishes of the 21-25 mm were characterized by circular otoliths, regular dorsal and ventral margins with absence of *antirostrum*. The class of the 35-45 mm intensification of the excisura between the *rostrum* and *antirostrum*. In the class of the 45-55 mm otolith increase with characteristics maintained (Fig. 3). The class of the 55-75 mm dorsal margin becomes winding. The class of the 75-85 mm elliptic shape of the otolith does not change, *heterosulcoid* and *ostial sulcus acusticus*, serrated ventral and smooth dorsal margins with *rostrum* and *antirostrum* concordant, i.e. in the same orientation (Fig. 3).

The morphological pattern of otolith of adults present: elliptic shape; round anterior-posterior region; margins varying between serrated and smooth over ontogenetic development; *heterosulcoid* and *ostial sulcus acusticus*, deep and

located in the middle region of the otolith; well-developed *rostrum*, *antirostrum* in the anterior-ventral region, excisura notch present in the otolith.

The means and standard deviations of the morphometric characteristics per size class of *A. tricolor* are presented in Table 1.

The ratios between the measurements of the otoliths and the fish are presented in Figure 4. The IC is inversely proportional to the length of the fish, i.e. largest fishes possess lower ICs, resulting in more elongated otoliths than the rounded otoliths from the smaller specimens. The ratio between the total length of the fish and otolith length (TL/OL) varied little over the ontogenetic development. On the other hand, the ratio between *rostrum* length and otolith length (RL/OL) indicates an increase of the *rostrum* over the growth of the species. Figure 4 shows that at approximately 56 to 60 mm of TL the values of index tend to stabilize (with the increase in length), which does not occur at the lengths smaller than 50 mm.

The results of the linear regression between the TL and OL and the potential regression between the individual W and OL are present in Figure 5.

As regards measurements of the right and left otoliths, significant difference were observed in OL and TL. This difference was not observed in relation to the maximum OH, Ao and As (Table 2).

For geometric morphometric 325 left otoliths were used once that some materials was not considered due to a break in the *rostrum*. PCA demonstrated that otolith shape vary. The result among of the size classes. More evident differences among three size classes (< 71 mm). In the smaller classes, otoliths

going from more rounded to more elongated by the IC (Fig. 6). Another important piece of information shown in the PCA is the deformation that occurs over the development of the *rostrum*, except in the diagrams of the smallest (21 to 25 mm) and the largest (81 to 85 mm) size classes (Fig. 6).

CVA demonstrated the largest shape variation on axis 1 (67.8%). The otoliths of the fish that are 25 to 35 mm of the TL have little shape variation in relation to the otoliths of the fish that are 40 to 60 mm. However, the otoliths of the fish that are 65 to 85 mm possess larger shape variation (Fig. 7).

The ANOVA with Procrustes distance ($df = 242$; $F = 35.69$; $p < 0.0001$) indicated significant differences in the shape of the otoliths between the size classes and the ANOVA for centroid size ($df = 11$; $F = 699$; $p < 0.0001$) indicated that there is significant difference between the sizes of the otoliths of the distinct size classes of the fish. Discriminant analysis showed significant differences between the size classes of the fish ($p < 0.0001$), except between the classes 50-55 and 55-60 mm ($p = 0.0617$).

Discussion

Sagittal otolith morphology has been described for diverse species of engraulids (Smale et al., 1995). The most common characteristics among the species of this family: small to medium otolith, heterosulcoid and ostial sulcus acusticus. Otolith shape was that most differed characteristic in the species analyzed, including *A. tricolor* in the present study.

The otolith in *A. tricolor* presented an elliptic, oval and elongated shape; whereas in *Thryssa sitirostris*, *Thryssa vitrirostris* and *Engraulis japonicas*, it was

oval, elliptic and fusiform, respectively (Smale et al., 1995). The otolith in *Engraulis australis* varied from oval to fusiform (Furlani et al., 2007). It was elliptic in *Engraulis encrasicolus* (Tuset et al., 2008). The above information for Engraulidae indicates a variation in the morphology of the otolith within this family inherit to different genera and populations.

Regressions among measurements of the otolith and the total length of the fish were described for some species of the genus *Anchoa*. Lemos et al. (1995) used 19 specimens of the *A. tricolor* with (average total length of 85.6 mm) to fit the multiple regression (standard length = $0.491 + 16.424 \text{ Length of the otolith} + 44.56 \text{ Gap of the excisura}$). However, comparisons are difficult because these authors caught only adult specimens. This emphasizes the importance both of linear and geometric analyses to reduce of variations in the descriptions of shapes.

Morphological and morphometric evidence suggests that the sagittal otoliths of *A. tricolor* have three ontogenetic development phases. These phases may be associated with the bioecological behavior of the species. *A. tricolor* between 25 and 35 mm use to do few displacements as the formation of the dorsal and anal fins is not complete (Hofstaetter et al., 2004). It inhabits the estuary in this phase and has more rounded otoliths, with a small *rostrum*, which corresponds to fish with lesser swimming ability (Volpedo et al., 2003; Volpedo et al., 2008). Starting at 35 to 45 mm total length, the fish begin to have high swimming capacity, enabling them to migrate outside the estuary. This characteristic is reflected in the morphology and morphometry of their otoliths, with greater development of the excisura and greater growth of the *rostrum*. In addition, another factor that possibly influences shape variation in this group is

the shift of energy to the beginning of gonadal maturation (maturation occurs between 60 and 65 mm in this species) (Froese and Pauly, 2013). From 45 mm of TL, the otoliths of juveniles acquire the morphological pattern than of the adults, and there is greater incorporation of calcium carbonate on the axial axis, causing increase growth of the length in relation to the height of the otolith.

The third group is represented by individuals that longer than 65 mm (sexually mature). *A. tricolor* uses the estuary mainly in the initial phases of its life cycle, and the inner continental shelf (0 – 40m) predominantly in its adult phase (Araújo et al., 2008). Otolith shape present the morphological pattern specific in the marine phase, due to the greater deposit of calcium carbonate on the axial axis.

The shape of the otolith in larger specimens generally varies between genera of the same family, with the variation reduced in smaller specimens (Campana, 2001; Ponton, 2006; Tuset et al., 2008). This makes identification of food items difficult, starting with otoliths of small prey, rounded otoliths generally without specific characteristics (which become more evident over the growth of the fish) and the increase in the structures in the inner face of the otolith.

This description is an important tool in tropic ecology studies of ichthyophages, since the otoliths identified in their stomach contents or feces may possess distinct morphological and morphometric patterns between ontogenetic development phases of the prey. This type of study permits estimates of the size of the prey ingested by ichthyophagous and the knew life cycle of the prey. Future studies should intensify the application of other tools, such as the microchemistry of otoliths to identify the displacement of species between different environments.

Acknowledgments

The authors thank to for financing projectCAFP-BA/SPU, to CONICET, to CAPES for the master's degree scholarship granted to Barbara Maichak de Carvalho, to the LAFMA(CEM-UFPR) for the loan of a stereoscopic microscope with an Olympus DP71 camera coupled to it, and the Centro de Microscopia Eletrônica (UFPR) for the micrographs carried out in this study.

References

- Araújo, F.G.; Silva, M.A.; Azevedo, M.C.C.; Santos, J.N.S., 2008: Spawning season, recruitment and early life distribution of *Anchoa tricolor* (Spix and Agassiz, 1829) in a tropical bay in southeastern Brazil. *Braz. J. Biol.* **68**, 823-829.
- Assis, C.A., 2005: The utricular otoliths, lapilli, of teleosts: their morphology and relevance for species identification and systematics studies. *Sci. Mar.* **69**, 259-273.
- Avigliano, E.; Volpedo, A. V., 2013: Use of otolith strontium: calcium ratio as indicator of seasonal displacements of the silverside (*Odontesthes bonariensis*) in a freshwater-marine environment. *Mar. Freshwater. Res.* **64**, 1-6.
- Beyer, S.G.; Szedlmayer, S.T., 2010: The use of otolith shape analysis for ageing juvenile red snapper, *Lutjanus campechanus*. *Environ. Biol. Fish.* **89**, 333-340.
- Bugoni, L.; Vooren, C.M., 2004: Feeding ecology of the Common Tern *Sterna hirundo* in a wintering area in southern Brazil. *Ibis* **146**, 438-453.
- Cadrin, S.X.; Friedland, K.D., 1999: The utility of image processing techniques for morphometric analysis and stock identification. *Fish. Res.* **43**, 129-139.
- Campana, S.E., 2001: Accuracy, precision and quality control in age determination, including a review of the use and abuse of age validation methods. *J. Fish. Biol.* **59**, 197-242.
- Campana, S.E., 2004: Photographic Atlas of Fish Otoliths of the Northwest Atlantic Ocean. NRC Monograph Publishing Program.
- Contente, R.F.; Stefanoni, M.F.; Spach, H.L., 2011: Fish assemblage structure in an estuary of the Atlantic Forest biodiversity hotspot (southern Brazil). *Ichthyol. Res.* **50**, 58 – 38.
- Correa, M.F.M.; Viana, M.S., 1992: Catálogo dos otólitos sagitta de scianidae (Osteichthys - Perciformes) do litoral do estado do Paraná, Brasil. *Nerítica* **7**, 13-41.
- Di BENEDITTO, A.P.M.; Lima, N.R.W. ,2003: Biometria de teleósteos da costa norte do estado do Rio de Janeiro para estudos sobre piscivoria. *Biotemas* **16**, 135-144.
- Elsdon, T.S.; Wells, B.K.; Campana, S.E.; Gillanders, B.M.; Jones, C.M.; Limburg, K.E.; Secor, D.H.; Thorrold, S.R.; Walther, B.D., 2008. Otolith chemistry to describe movements and life-history parameters of fishes: hypotheses, assumptions, limitations and inferences. *Oceanogr Mar Biol: An Annual Review* **46**, 297-330.
- Frøese, R.; Pauly, D. Editors. 2013: FishBase. World Wide Web electronic publication. <www.fishbase.org>, version (12/2013).
- Furlani, D.; Gales, R.; Pemberton, D., 2007 :Otoliths of common Australian temperate fish: a photographic guide. Collingwood: CSIRO Publishing, pp.32.
- Hofstaetter, M. ; Godefroid, R.S. ; Sobolewski, M. ; Spach, H.L. ; Santos, C., 2004 : Estágios iniciais do ciclo de vida de *Anchoa tricolor* (Agassiz, 1829) (Teleostei :Engraulidae). *Rev. Uniandrade* **5**, 81-94.

Klingenberg, C.P., 2011: MORPHOJ: an integrated software package for geometric morphometrics. *Mol. Ecol. Resour.* **11**, 353–357.

Lana, P.C.; Marone, E.; Lopes, R.M.; Machado, E.C., 2001: The Subtropical Estuarine Complex of Paranaguá Bay, Brazil, p. 131-145. In: Seeliger U, Kjerfve B. *Coastal Marine Ecosystems of Latin America*. Berlin, Springer-Verlag, p. 360.

Lemos, P.H.B.; Correa, M.F.M.; Pinheiro, P.C., 1995: Catálogo dos otólitos sagitta de Egralidae (Osteichthys - Clupeiformes) do litoral do estado do Paraná, Brasil. *Arq. Biol. Tecnol.* **38**, 731-745.

Marone, E.; Noernberg, M.; Lautert, L.F.; Santos, I.; Fill, H.D.; Buba, H.; Marenda, A., 2007: Medições de correntes e curva vazão-maré na Baía de Paranaguá-PR. *Bol. Paraná Geocienc.* **60**, 55-64.

Menezes, N. A.; Figueiredo, J.L., 2000: Manual de peixe marinhos do sudeste do Brasil Teleostei I. Museu de Zoologia, Universidade de São Paulo pp. 71- 75.

Monteiro, L.R.; Di Benedetto, A.P.M.; Guillermo, L.H.; Rivera, L.A., 2005: Allometric changes and shape differentiation of sagitta otoliths in sciaenid fishes. *Fish. Res.* **74**, 288 – 299.

Noernberg, M.; Marone, E.; Angulo, R., 2007: Coastal Currents and Sediment Transport in Paranaguá Estuary Complex Navigation Channel. *Bol. Paraná. Geocienc.* **60**, 45-54.

Oliveira, M.A.; Di Benedetto, A.P.M.; Monteiro, L.R., 2009: Variação geográfica na forma e nas relações alométricas dos otólitos sagitta da maria-luiza *Paralichthys brasiliensis* (Steindachner, 1875) (Teleostei, Sciaenidae) no litoral norte do Rio de Janeiro (21° S – 23° S), Brasil. *B. Inst. Pesca.* **35**, 475 – 485.

Passos, A.C.; Contente, R.F.; Araújo, C.C.V.; Daros, F.A.L.M.; Spach, H.L.; Abilhoa, V.; Favaro, L.F., 2012: Fishes of Paranaguá Estuarine Complex, South West Atlantic. *Biota Neotrop.* **12**, 227-241.

Pinheiro, P.C.; Corrêa, M.F.M.; Spach, H.L., 1994: Caracteres consistentes para a identificação de pós-larvas, juvenis e adultos de *Anchoa parva* e *A. tricolor* (PISCES, ENGRAULIDAE). *Arq. Biol. Tecnol.* **37**, 843-852.

Ponton, D., 2006: Is Geometric Morphometrics Efficient for Comparing Otolith Shape of Different Fish Species? *J. Morphol.* **267**, 750–757.

Popper, A.N.; Ramcharitar, J.; Campana, S.E., 2005: Why otoliths? Insights from inner ear physiology and fisheries biology. *Mar. Freshwater. Res.* **56**, 497 – 504.

Rohlf, F.J.; Marcus, L.F., 1993: A revolution in morphometrics. *Trends. Ecol. Evol.* **8**, 129–132.

Rosa, L.C.; Borzone, C.A., 2008: Uma abordagem morfodinâmica na caracterização física das praias Estuarinas da Baía de Paranaguá, sul do Brasil. *Rev. Bras. de Geocienc.* **38**, 237-245.

Santos, J.N.; Silva, M.A.; Vasconcelos, R.M.; Araújo, F.G., 2005: Efeito do tempo de conservação de espécimes sobre a qualidade dos microelementos em otólitos sagittae da *Anchoa tricolor* (Agassiz) (Clupeiformes, Engraulidae). *Rev. Bras. de Zoo.* **22**, 949 -952.

Santos, M.C.O.; Rosso, S.; Santos, R.A.; Lucato, S.H.B.; Basso, M., 2002: Insights on small cetacean feeding habits in southeastern Brazil. *Aquat. Mammals.* **28**, 38 -45.

Secor, D.H.; Dean, J.M.; Laban, E.H., 1992: Otolith removal and preparation for microstructural examination, p. 19-57. In: Stevenson DK, Campana SE. *Otolith microstructure examination and analysis*. Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci. pp. 117.

Silva, M.A.; Araújo, F.G., 2000: Distribution and relative abundance of anchovies (Clupeiformes-engraulidae) in the Sepetiba Bay, Rio de Janeiro, Brazil. *Braz. Arch. Biol. Technol.* **43**, 379-385.

Smale, J.M.; Watson, G.; Hecht, T., 1995: Otolith atlas of southern African marine fishes. J.L.B Smith Institute of Ichthyology pp. 74.

Tavares, L.E.R; Luque, J.L.; Bicudo, A.J.A., 2005: Community ecology of metazoan parasites of the anchovy *Anchoa tricolor* (Osteichthyes: Engraulidae) from the coastal zone of the State of Rio de Janeiro, Brazil. *Braz. J. Biol.* **65**,533-540.

Tracey, S.R.; Lyle, J.M; Duhamel, G., 2006: Application of elliptical Fourier analysis of otolith form as a tool for stock identification. *Fish. Res.* **77**, 138–147.

Tuset, V.M.; Lombarte, A.; Assis, C.A., 2008: Otolith atlas for the western Mediterranean, north and central eastern Atlantic. *Sci. Mar.* pp. 13.

Tuset, V.M.; Lombarte, A.; González, J.A.; Pertusa, J.F; Lorente, M. J., 2003: Comparative morphology of the sagittal otolith. *J. Fish. Biol.* **63**, 1491–1504.

Vigon, M., 2012: Ontogenetic trajectories of otolith shape during shift in habitat use: Interaction between otolith growth and environment. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* **420**, 26–32.

Volpedo, A.V.; Echeverria, D.D., 1999: Morfología de los otolitos sagittae de juveniles y adultos de *Micropogonias furnieri* (Desmarest, 1823) (Sciaenidae). *Rev de Cienc del Mar Thalassas*. **15**, 19-24.

Volpedo, A. V.; Echeverria, D.D., 2000: Catálogo y claves de otolitos para la identificación de peces del Mar Argentino. 1. Peces de importancia comercial. Editorial Dunken pp. 50.

Volpedo, A.V.; Echeverria, D.D., 2003: Ecomorphological patterns of the sagitta in fish on the continental shelf off Argentine. *Fish. Res.* **60**,551-560.

Volpedo, A.V.; Tombari, A.; Echeverria, D.D., 2008: Ecomorphological patterns in otoliths of Antarctic fish. *Polar Biol.* **31**, 635-640.

Volpedo, A.V.; Fuchs, D.D., 2010: Ecomorphological patterns of the lapilli of Paranoplatense Siluriforms (South America). *Fish. Res.* **102**, 160–165.

Wilcox, D.; Dove, B.; McDavid, D.; Greer, D., 2002: Image Tools 3.0 for Windows. <http://compdent.uthscsa.edu/dig/itdesc.html>.

Zar, J.H., 2009: Biostatistical Analysis. Fourth Edition. Prentice Hall. pp. 947.

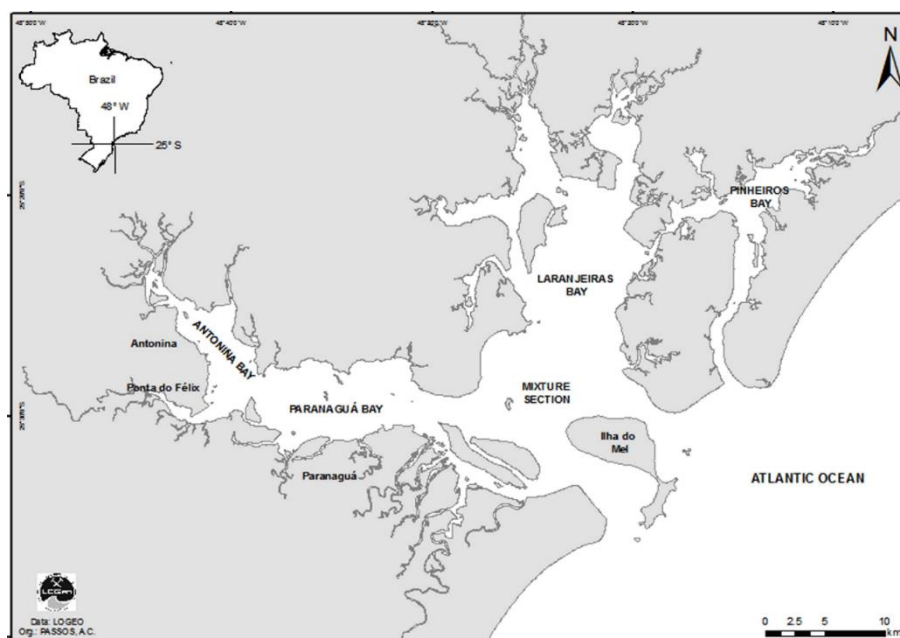


Figure 1. Map of the Paranaguá Estuarine Complex (PEC) (Paraná state, Brazil). Source: Passos et al. (2012).

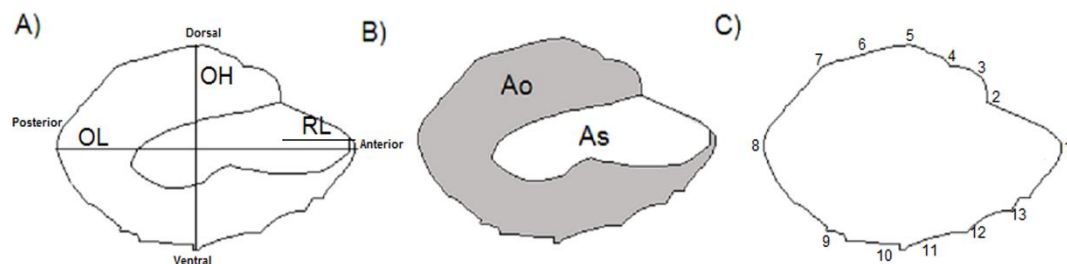


Figure 2. Morphometry of the sagittal otolith *Anchoa tricolor* from the Paranaguá Estuarine Complex (PEC) (Paraná state, Brazil). A) Longitudinal length of the otolith (OL), the greatest perpendicular height of the otolith (OH) and the length of the *rostrum* (RL); B) Area of the otolith (Ao) and area of the sulcus acusticus (As); C) Position of the anatomical marks.

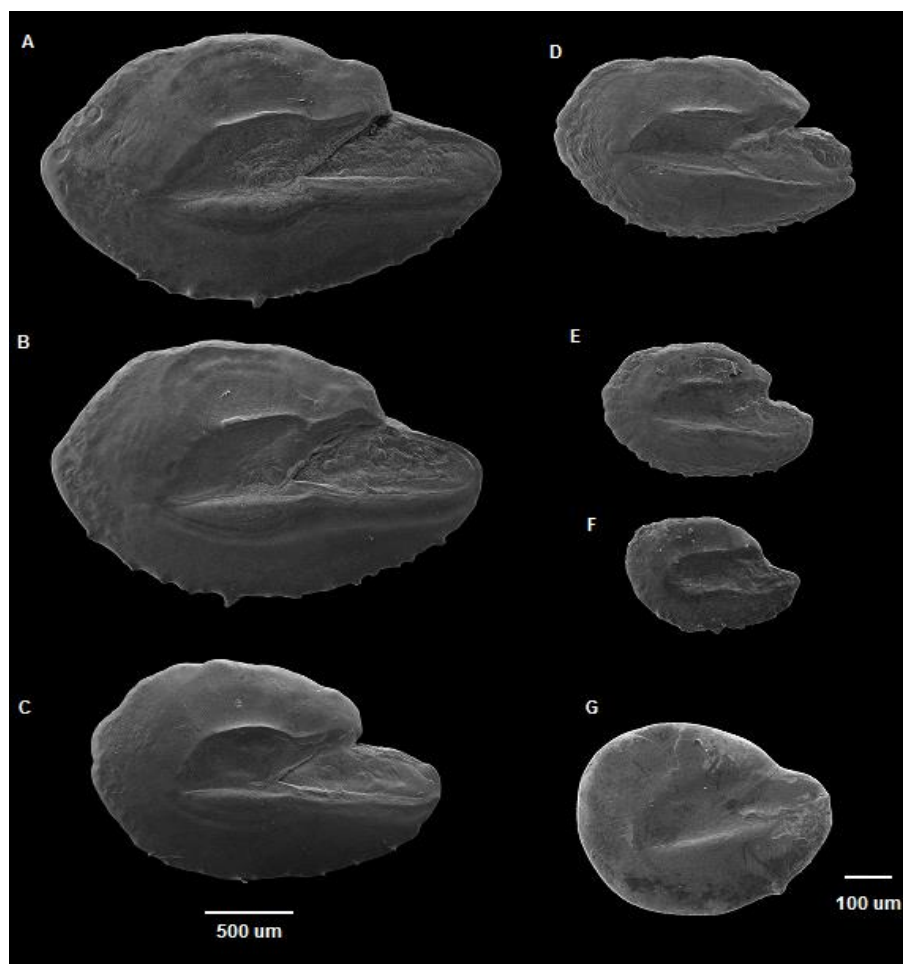


Figure 3. Micrographs of the inner face of the left sagittal otolith of *Anchoa tricolor*, with sizes of 81 mm (A), 75 mm (B), 65 mm (C), 55 mm (D), 40 mm (E), 34 mm (F) and 22 mm (G). Images A – F (45x; scale 500 μ m) and image G (120x; scale 100 μ m).

Table 1. Means and standard deviations of the total length (TL) and weight (W) of the fish, longitudinal length of the otolith (OL), the greatest height of the otolith (OH), length of the *rostrum* (RL), area of the otolith (Ao), area of the sulcus acusticus (As) of *Anchoa tricolor* in the Paranaguá Estuarine Complex (PEC) (Paraná state, Brazil).

Size class (mm)	n	TL(mm)	Weight(g)	OL(mm)	OH(mm)	RL(mm)	Ao (mm ²)	As(mm ²)
20-25	54	23.3(±0.61)	0.05(±0.006)	0.5(±0.04)	0.4(±0.03)	0.13(±0.15)	0.2(±0.03)	0.05(±0.01)
26-30	58	26.8(±1.47)	0.08(±0.02)	0.6(±0.1)	0.5(±0.07)	0.13(±0.05)	0.3(±0.10)	0.07(±0.02)
31-35	61	31.6(±2.18)	0.1(±0.03)	0.8(±0.1)	0.6(±0.06)	0.20(±0.04)	0.3(±0.07)	0.1(±0.02)
36-40	59	37(±1.6)	0.2(±0.03)	0.9(±0.11)	0.7(±0.07)	0.22(±0.05)	0.5(±0.1)	0.1(±0.17)
41-45	57	41(±1.07)	0.3(±0.05)	1.1(±0.11)	0.7(±0.06)	0.25(±0.05)	0.6(±0.12)	0.2(±0.04)
46-50	59	46.6(±1.54)	0.5(±0.07)	1.4(±0.1)	0.9(±0.05)	0.35(±0.05)	0.9(±0.12)	0.3(±0.04)
51-55	59	52(±1.54)	0.7(±0.09)	1.5(±0.09)	0.9(±0.04)	0.37(±0.04)	1.1(±0.11)	0.3(±0.03)
56-60	55	56.4(±1.44)	0.9(±0.12)	1.7(±0.11)	1.1(±0.08)	0.42(±0.05)	1.3(±0.16)	0.4(±0.05)
61-65	60	62.6(±1.59)	1.4(±0.15)	2.0(±0.17)	1.3(±0.12)	0.52(±0.05)	1.9(±0.35)	0.5(±0.1)
66-70	57	66.4(±1.02)	1.7(±0.11)	2.1(±0.17)	1.3(±0.16)	0.55(±0.06)	2.1(±0.32)	0.6(±0.09)
71-75	56	71.6(±1.26)	2.4(±0.27)	2.2(±0.12)	1.4(±0.07)	0.55(±0.04)	2.3(±0.25)	0.6(±0.09)
76-80	62	76.5(±1.35)	2.9(±0.42)	2.4(±0.11)	1.5(±0.06)	0.57(±0.04)	2.7(±0.21)	0.7(±0.08)
81-85	62	81.3 (± 1.3)	3.0(± 0.4)	2.5(±0.14)	1.6(±0.08)	0.57(±0.04)	2.9(±0.32)	0.8(±0.11)

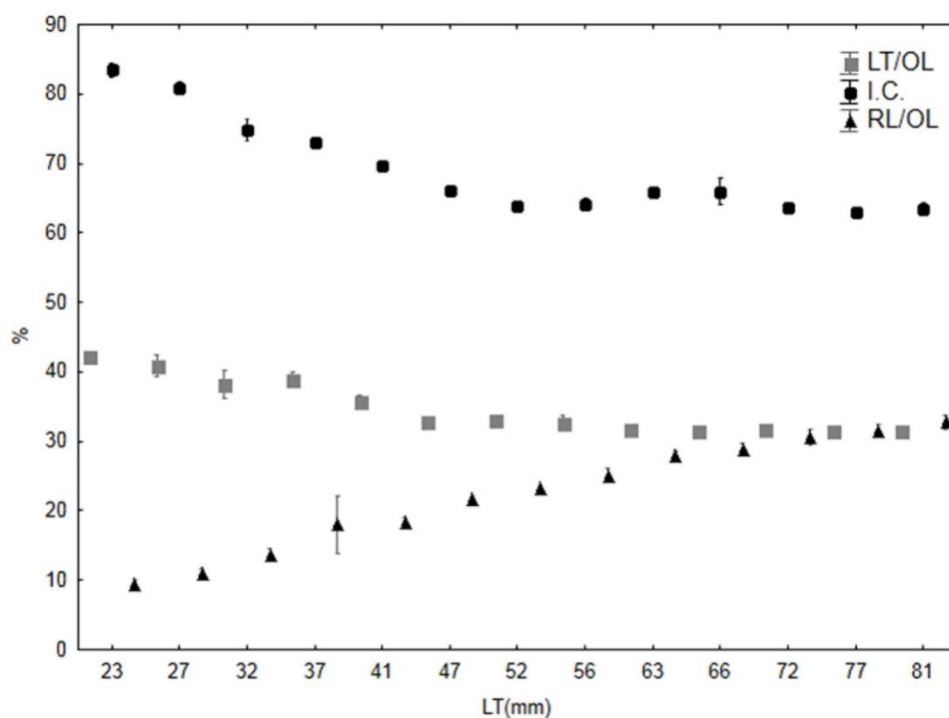


Figure 4. Ratio of the total length of the fish and otolith length (TL/OL), index of circularity (IC) and ratio of *rostrum* length and otolith length (RL/OL).

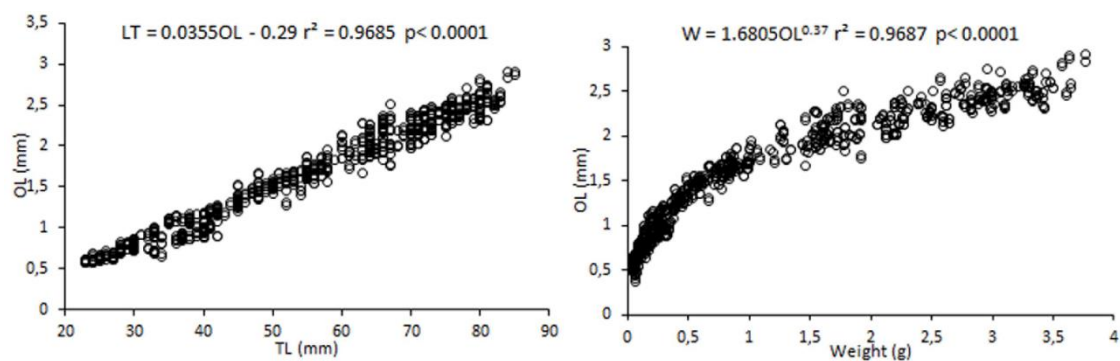


Figure 5. A) Linear regression between TL and OL of *Anchoa tricolor* and B) exponential regression between W and OL of *A. tricolor* in the Paranaguá Estuarine Complex (PEC) (Paraná state, Brazil).

Table 2. Results of the t test applied to the measurements of the right and left otoliths of *Anchoa tricolor* in the Paranaguá Estuarine Complex (PEC) (OL = otolith length; OH = the greatest otolith height; Ao = area of the otolith; As = area of the sulcus acustics).

Otolith measurement	t value	p
OL (mm)	-3.7999	0.0001*
OH(mm)	-1.2078	0.2279
RL(mm)	2.64	0.008*
Ao (mm ²)	0.6360	0.5251
As (mm ²)	0.4012	0.6884

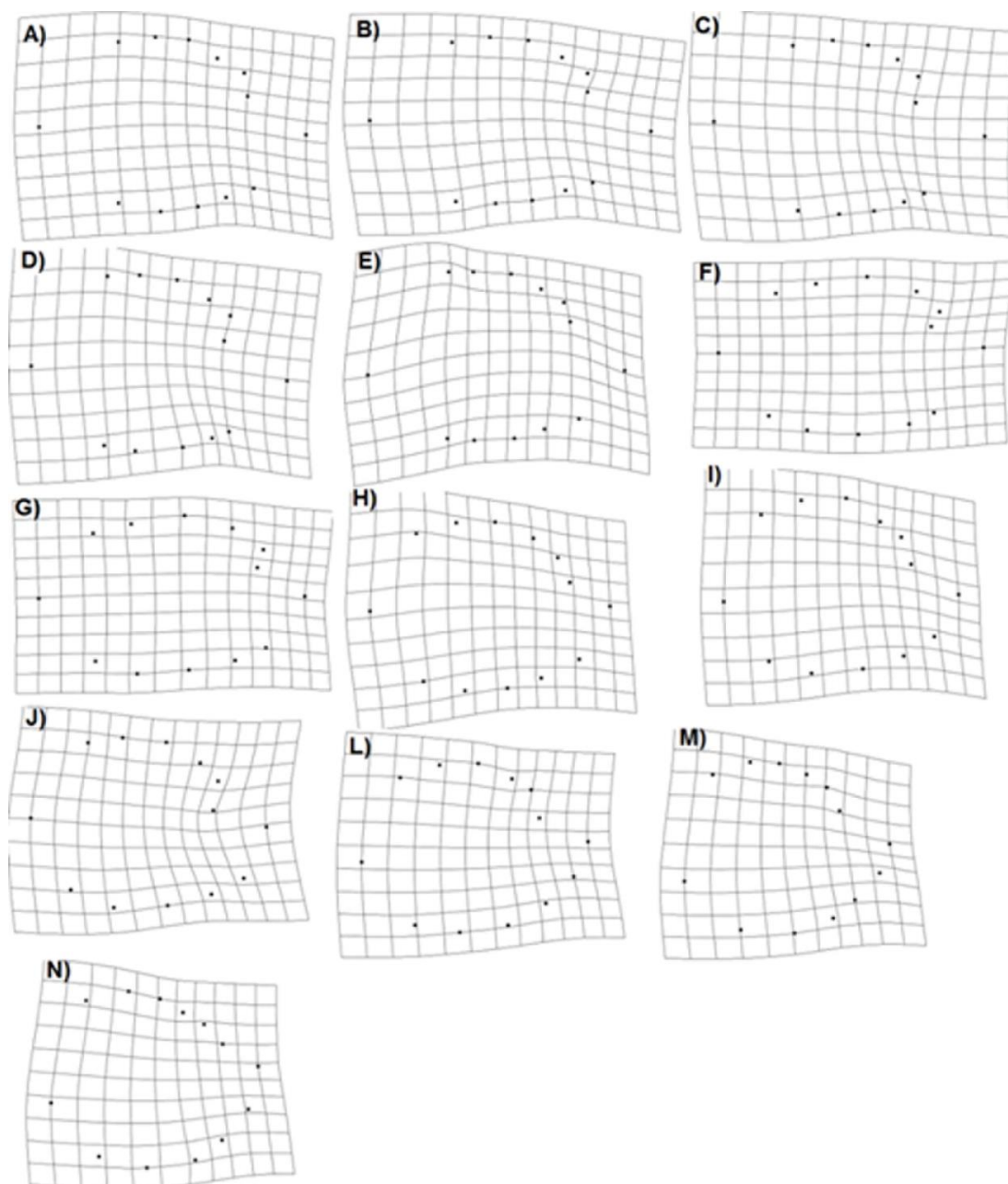


Figure 6. Diagram of the Principal Component Analysis (PCA) of the sagitta otolith of *Anchoa tricolor* of the Paranaguá Estuarine Complex (PEC) (Paraná state, Brazil). Size classes: A) 81 to 85 mm; B) 76 to 80 mm; C) 71 to 75 mm; D) 66 to 70 mm; E) 61 to 65 mm; F) 56 to 60 mm; G) 51 to 55 mm; H) 46 to 50 mm; I) 41 to 45 mm; J) 36 to 40 mm; K) 31 to 35; L) 26 to 30 mm; M) 21 to 25 mm.

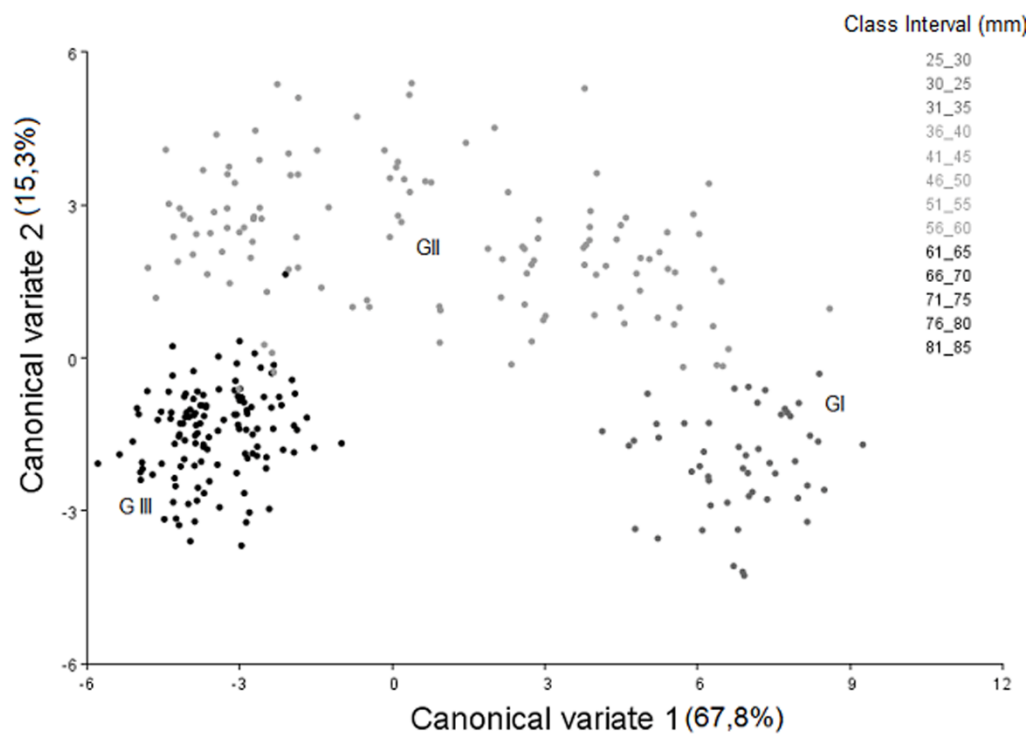


Figure 7. Dispersion diagram with two canonical axes demonstrating the variation of the shape of the sagittal otolith of *Anchoa tricolor* in the Paranaguá Estuarine Complex (PEC) (Paraná state, Brazil). G I: size classes 65 to 85 mm; G II: 40 to 60 mm; G III: 25 to 35 mm.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir da distribuição de frequência e atribuição de idade obtida no primeiro capítulo pode-se concluir que a *A. brasiliensis* habita as áreas intertidais do Complexo Estuarino de Paranaguá durante todo seu desenvolvimento ontogenético. Esta espécie apresentou um ligeiro crescimento alométrico positivo ($b= 3,064$) com longevidade de Taylor de 3,33 anos. A tentativa de descrever um padrão de crescimento latitudinal para a *A. brasiliensis* demonstrou a ocorrência de um padrão entre os parâmetros de crescimento apenas entre as latitudes 19° e 30°S, sendo possível sugerir que o gradiente de temperatura dentro deste range de latitude influencia no crescimento da *A. brasiliensis*, com indivíduos maiores nas maiores latitudes.

Os resultados obtidos pela distribuição de frequência e atribuição de idade no segundo capítulo demonstram que a *Anchoa tricolor* utiliza os ambientes intertidais do Complexo Estuarino de Paranaguá preferencialmente durante o recrutamento e crescimento, fato corroborado pela reduzida captura de indivíduos adultos. O crescimento desta espécie é alométrico positivo ($b=3,34$) com longevidade de Taylor de 1,8 anos. A reduzida captura de indivíduos adultos dificulta maiores conclusões sobre a ecologia desta espécie.

O terceiro capítulo demonstrou uma mudança ontogenética no uso do habitat de *A. brasiliensis* correlacionada com mudanças ontogenéticas no espectro alimentar da espécie, pela energia de onda e pela estruturação ambiental. Os indivíduos mais jovens (<1,1,2,3 meses) ocorreram predominantemente no setor 2 onde ocorre maior concentração de clorofila durante o período do recrutamento (início e final da estação chuvosa), é o setor com maior estruturação ambiental (manguezais e marismas) e reduzida hidrodinâmica. Os indivíduos acima de 7 meses estiveram distribuídos ao longo de toda região amostral devido a sua reduzida especificidade alimentar com menor captura no setor III.

No quarto capítulo foi realizada uma descrição morfológica e morfométrica do otólito sagitta da *Anchoa tricolor* o qual variou ao longo do seu desenvolvimento ontogenético no formato e nas margens sendo constante o tipo e formato do sulcus acústico. Com o aumento do comprimento dos indivíduos analisados observou-se um desenvolvimento maior do rostrum do otólito, este desenvolvimento estaria associado ao início do processo migratório desta espécie para outras regiões entre a classe de comprimento de 35 e 45 mm.